



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN STOLNÍHO SPEKTROMETRU

DESIGN OF COMPACT SPECTROMETER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Simona Górová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Fridrichová, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: **Simona Górová**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: **Ing. Eva Fridrichová, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Design stolního spektrometru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Stolní spektrometr je využíván v oblastech kontroly kvality, farmacie, uměleckého restaurování, forenzních věd, těžařského průmyslu a podobně. Přístroj je používán pro laboratorní nedestruktivní analýzu vzorku v pevném, kapalném i plynném skupenství. Jedná se například o zjištění ryzosti, chemického složení a množství karátů drahých kamenů, ale také analýzu materiálu starožitných maleb nebo vína. Tyto spektrometry využívají technologie infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR).

Typ práce: vývojová - designérská

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je navrhnout koncepční design stolního spektrometru s těmito parametry: kompaktní a odolný design, možnost modulární výměny příslušenství.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- definovat důležité parametry, které musí být dodrženy ve finálním návrhu,
- vytvořit esteticky a ergonomicky přívětivý design stolního spektrometru,
- navrhnout barevnost, uživatelské rozhraní displeje a grafické prvky v souladu s funkcí přístroje,
- cílovou skupinou jsou laboratoře pro analýzu vzorků,
- předpokládá se malosériový typ výroby.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials, c2012. ISBN 978-80-260-0538-4.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2012. ISBN 1-58115-312-0.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL, ed. Designing the 21st century. Köln: Taschen, 2005. ISBN 3-8228-4802-6.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 978-1-59253-345-9.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob a Young-Yun KIM. Product and furniture design. London: Thames & Hudson, 2011. The manufacturing guides. ISBN 978-0-500-28919-8.

AIREY, David. Logo: nápad, návrh, realizace. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-2-1-3151-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21.

V Brně, dne 6. 10. 2020

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Náplní této bakalářské práce je návrh designu stolního FTIR spektrometru, který je možné použít pro dosavadní analyzační techniky, přičemž inovativně umožňuje analyzovat vzorky větších rozměrů. Přidanou hodnotou je navíc kombinace dvou analyzačních metod, které jsou společně s kamerou uloženy na vysouvacím válci zespodu přístroje. Zařízení je tak mimo dosavadní cílová pracoviště (laboratoře, výzkumná centra...) použitelné i v galeriích a jiných uměleckých institucích. Výchozí pro tuto práci byl průzkum trhu, nastudování vnitřních komponent a funkce spektrometru a uživatelských požadavků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Spektroskopie, interferometr, infračervený zdroj, ATR, IČ odrazová metoda, design.

ABSTRACT

The content of this bachelor thesis is a design of table FTIR spectrometer which can be used for nowadays analytical techniques, whereas it allows to analyse samples of larger size. Moreover, an added value is a combination of two analytical methods which are placed together with a camera from below of the device. It makes the device usable, not only for contemporary target workplaces (laboratories, research centers...) but also in galleries and other art institutions. Default step for this work was a market research, studying of inner components and functions of spectrometers and user requirements.

KEYWORDS

Spectroscopy, interferometer, infrared source, ATR, IR reflective method, design.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GÓROVÁ, Simona. *Design stolního spektrometru* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131870>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Eva Fridrichová.

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě patří velký dík mojí vedoucí práce Ing. Evě Fridrichové, Ph.D. za svědomité konzultace, které byly vždy přínosné i účelné, za čas, který mi věnovala a v neposlední řadě taky za všechny podnětné rady a připomínky.

Dále bych chtěla vyjádřit velký vděk panu Ing. Tomáši Podrabskému z Optik Instruments s r. o. (oficiální distributor firmy BRUKER) za skvělou spolupráci, výjimečně pružnou komunikaci a ochotu, díky čemuž jsem získala jasnější představu a spoustu informací o spektrometrech, jejich fungování a součástech. Děkuji také panu Ing. Davidovi Matouškovi a jeho kolegům z též firmy, kteří mě i při krátkém rozhovoru dokázali svými podněty lépe nasměrovat v mojí práci.

Za podporu a ochotu odpovídat na mé dotazy ohledně práce děkuji také své rodině a blízkým. V neposlední řadě bych poděkovala technice, která až na drobné výpadky a jeden malý kolaps v posledním týdnu odolala celé té spoustě spuštěných programů, hodinám renderování a usilovnému psaní na klávesnici.

Nakonec také díky všem, kteří si práci přečtou a ocení ji i její výstup alespoň tiše ve vlastní hlavě.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Evy Fridrichové, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
2.1	Designérská analýza	14
2.2	Technická analýza	26
2.2.1	Složení FTIR spektrometru	27
2.2.2	Princip FTIR spektrometru	30
3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	33
3.1	Analýza problému	33
3.2	Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	34
3.3	Cíle práce	34
3.4	Cílová skupina	35
3.5	Základní parametry a legislativní omezení	35
3.6	Použité výrobní technologie, možný trh a cena	36
4	VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	37
4.1	Varianta I	38
4.2	Varianta II	40
4.3	Varianta III	42
4.4	Zhodnocení variant	44
5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	45
5.1	Celkové tvarování	45
5.1.1	Tvarování horní části	46
5.1.2	Tvarování spodní části	47
5.1.3	Tvarování funkční hlavy	49
6	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	52
6.1	Popis	52
6.2	Rozměrové řešení	53
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	56
6.3.1	Vnitřní mechanismy	56
6.3.2	Uspořádání funkční hlavy	58

6.3.3	Manipulátor	58
6.3.4	Dotyková obrazovka	61
6.4	Materiálové řešení	62
6.5	Technologie	64
6.6	Ergonomie	64
6.7	Bezpečnost a hygiena	69
6.8	Udržitelnost	69
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	71
7.1	Barevné řešení	71
7.1.1	Hlavní barevná varianta	71
7.1.2	Barevná varianta I	72
7.1.3	Barevná varianta II	73
7.1.4	Barevná varianta III	75
7.2	Grafické řešení	76
7.2.1	Návrh loga	76
7.2.2	Grafické rozhraní obrazovky	78
8	DISKUZE	80
8.1	Psychologická funkce	80
8.2	Sociální funkce	80
8.3	Ekonomická funkce	81
8.4	Marketingová analýza	81
8.5	Cílová skupina	82
8.6	Cenová hladina	83
9	ZÁVĚR	84
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	86
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	89
12	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	90
13	SEZNAM PŘÍLOH	93
14	ZMENŠENÝ POSTER	94

1 ÚVOD

Ve všech oblastech lidské činnosti, kde se provádí analýzy různých vzorků, ať už se jedná o průmyslová odvětví, vědecká výzkumná pracoviště, školní laboratoře či jiné instituce, všude zde je potřeba vybavení určité kvality a spolehlivosti. Optimalizace přístrojů pro potřeby různých odvětví mohou směřovat k univerzálnosti nebo naopak ke specifikaci pro jednotlivá odlišná pracoviště.

Vlastnosti univerzálního přístroje mohou mít řadu benefitů, jako je minimalizace potřebných komponent a částí přístrojů, což zpravidla vede k úspoře zabraného místa pracovního prostoru. Nevýhodou však může být větší chybovost a menší specializovanost na specifické úkony. Pokud tedy pracoviště častěji řeší daný problém, k němuž je třeba využít konkrétní přístroj, je výhodou, je-li tento přístroj co nejvíce optimalizován a navržen přímo pro konkrétní účely.

V případě spektrometrů, tedy přístrojů, které umožňují analýzu vzorku za účelem zjištění složení, kvality a dalších parametrů, se liší některé preferované vlastnosti podle využití, a tedy také odvětví, ve kterém je tento přístroj použit. Mnoho firem produkujících spektrometry se zaměřuje na možnost použít jeden model přístroje pro více různých účelů a tím dosáhnout větší všestrannosti. Ovšem při zaměření se na konkrétní aplikaci zařízení se nabízí možnosti optimalizace a nových řešení po tvarové i mechanické stránce.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Již v minulosti toužili lidé zkoumat a analyzovat věci kolem. Některé pouze povrchově, jiné více do hloubky. K tomu, aby se u jednotlivých vzorků dostali do sfér, které jsou pro naše smysly nerozlišitelné, byla ale zapotřebí technika, která tyto podrobnější analýzy umožňovala.

Některé vlastnosti vzorků nejsme schopni detekovat pouhým okem. Například ryzost kovů, složení některých směsí atd. Existují neinvazivní techniky, kterými odhalíme velké množství informací.

V době velkého rozvoje techniky se jeví jako nejjednodušší forma vyhodnocování dat přístroj, který nám poskytne pro nás čitelný výsledek. Pokud například působíme na vzorek světelným zdrojem v pro lidské oko neviditelné oblasti (řekněme infračervené), bez dalšího zařízení moc nezjistíme. Když ale připojíme detektor a další techniku, která nám data převede na srozumitelnější výstup, můžeme s nimi dále pracovat.

V roce 1949 byla vytvořena první Fourierova transformace v infračerveném spektru. To položilo základ FTIR spektrometrům. O rok později byla sestavena první řada IČ spektrometrů. Jednalo se o vědecký převrat, ale zatím neměl tento vývoj požadované vlastnosti a výkonnost. [1]

Ve chvíli, kdy přišly mikropočítače a zařízení, které byly schopny provádět Fourierovu transformaci (převod z časové na frekvenční oblast), a tím poskytovat data v podobě pro člověka čitelné, začala produkce FTIR spektrometrů. Postupem času, s rozvojem techniky byly dovedeny do podoby, kterou známe dnes. V současnosti jsou FTIR spektrometry velmi často využívaným zařízením pro analýzu vzorků v mnohých odvětvích průmyslu a ve výzkumných centrech. [1]

2.1 Designérská analýza

Tato kapitola se zabývá popisem jednotlivých již existujících příkladů spektrometrů se zhodnocením jejich předností a nedostatků. Spektrometry se časem neměnily jen po technické stránce, ale určité změny lze pozorovat i v jejich designu.

Mezi uvedenými modely se objevují zástupci spektrometrů využívající analyzační metodu odrazovou nebo metodu s krystalem (bude popsáno dále). Pro všechny modely platí, že jsou v pozici analyzačních zařízení, která sama o sobě výsledek neukazují, proto je potřeba připojit počítač nebo alespoň obrazovku. Přístroje tedy ve většině případů nemají displeje.

DIGILAB

Průkopníkem v oblasti spektroskopie byla firma Digilab. V roce 1970 byla prodána firmě Bio-Rad Laboratories, která má na svědomí rozvoj prvních FTIR spektrometrů. Následně také další odnože tohoto typu spektrometrie, například metody Raman, UV/VIS a NIR. [2]

Digilab Excalibur

Model FTIR spektrometru (obr. 2-1) představuje na první pohled přístroj archaického vzhledu. Celkovým dojmem působí jako funkční, avšak ne příliš esteticky vyladěné zařízení, především kvůli hranatosti s občasnými propady na povrchu. Některé tvarové detaily (například spáry na přechodu mezi víkem a hlavním tělem) se zdají být pouze estetickým prvkem bez funkce.

Přístroj se jeví uživatelsky přívětivě na ovládání. Prvky sloužící k ovládání jsou na první pohled odděleny a je tudíž zřejmé, se kterými částmi modelu je možné manipulovat. Zmíněné prohlubně v horní části však mohou mást.

Velmi výrazným, skoro až rušivým prvkem na přístroji je spodní barevný pruh. Poutá pozornost, aniž by byl pro spektrometr a jeho používání stěžejní částí. Barevnost zbytku modelu působí decentně a logicky. Tmavší odstín šedé je použit pro vzorkovou část a spodní lištu, zatímco zbytek těla je světle šedý.



Obr. 2-1 Excalibur Series of Spectrometer, DIGILAB [3]

BRUKER

Firma BRUKER vyrábí nejrůznější přístroje pro vědecké účely. Mimo jiné i spektrometry. Zaměříme-li se na FTIR spektrometry, kromě modelů pro vědecké použití, tzv. „výzkumných spektrometrů“, které mají větší rozměry a logicky i vyšší hmotnost, navíc umožňují připojení dalších přístrojů (mikroskopy aj.), vyrábí firma Bruker také kompaktnější přenosné modely, které nesou označení „rutinní“. Níže uvedené spektrometry jsou modely ze série Vertex. [4]

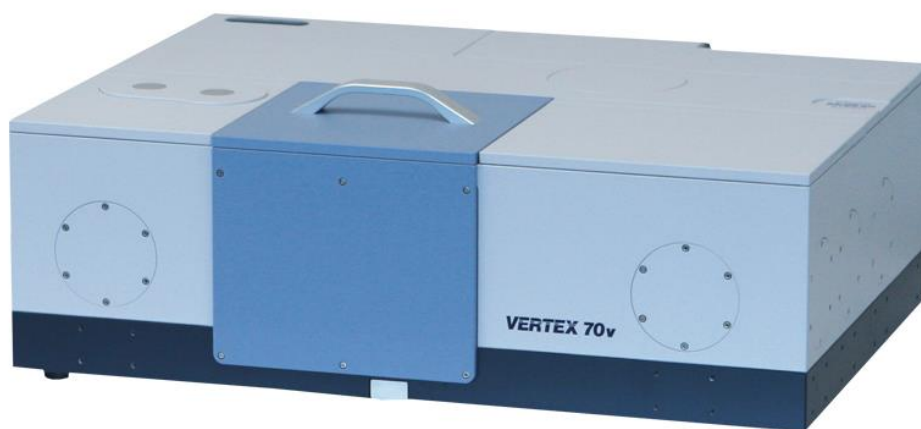
Rozpoznávacím znakem produktů této firmy je optimalizované provedení po technické stránce, jednoduché, avšak účelné tvary a světlé barvy v odstínech modré a šedé.

Vertex 70v

Model spektrometru Vertex 70v (obr. 2-2) je tvarován účelně a čistě geometricky. Na druhou stranu, robustnější vzhled tohoto konkrétního typu spektrometru je ovlivněn funkcí - tedy vakuovou přípojkou, která zamezuje nadměrné vlhkosti uvnitř přístroje. Všechny externí komponenty a otvory mají své logicky zvolené umístění a podobu. Nejsou rušivé a přístroj působí celistvě. Externí výstupy pro paprsky, umístěné po stranách, jsou poměrně nenápadné, ale účelné.

Z ergonomického hlediska působí přístroj ostrým dojmem, což neevokuje zrovna přívětivé vlastnosti při používání a manipulaci. Vzhledem k ovládacímu systému, který je u tohoto typu produktu eliminován na pouhé mechanické výměny vzorku, tedy odklápění víka a případné připojování dalšího příslušenství, nelze posoudit aspekty ovládacích prvků více než podle víka a úchytů.

Barevné odlišení těchto částí napomáhá rozlišit pohyblivé a nepohyblivé prvky. Pro uživatele je tedy intuitivní, kterou část je třeba odklopit pro výměnu vzorku. Celkové barevné řešení je v souladu stylu produktů firmy Bruker. Odstíny modré ve spojení se světle šedou nepůsobí fádně, ale ani přehnaně výrazně do laboratorního prostředí. Nápis označující konkrétní model má logické umístění a díky optimální velikosti se zdá být vhodně vyřešen.



Obr. 2-2 Vertex 70v, BRUKER [5]

Vertex 80

Novější model Vertex 80 (obr. 2-3) převzal základní podobu od výše uvedeného modelu Vertex 70v, nicméně hrany přístroje byly zaobleny a ovládané výstupy paprsku na stranách byly z nenápadných kružnic změněny na výraznější kruhy. I některé z ostatních prvků byly zvýrazněny a působí tak plastičtěji. Přístroj je tedy uživatelsky přívětivější. Z jiného úhlu pohledu by se ale dalo konstatovat, že přístroj působí poněkud méně celistvě, co se jeho horní části týče. Spousta různě vystouplých elementů a oddělených tvarů má za následek určitou roztržitost.

Vzhledem k absenci vakuového odsávání oproti výše uvedenému modelu Vertex 70v bylo možné model odlehčit a volba materiálu má dopad i na tvar. Kryt není plechový, ale plastový, proto je možná větší variabilita tvaru samotného krytu, a hrany i celkový tvar působí měkčím dojmem. Pro uživatele tedy přístroj nevytváří tolik nedobytný dojem a ohrazení některých prvků, zejména v horní části, se jeví dostupněji.

Barevné řešení je shodné s modelem Vertex 70v, což podporuje jednotnost této řady spektrometrů. Na první pohled lze i díky barvě rozlišit jednotlivé části, a to dělá produkt čitelnější. Volené spektrum navíc navozuje příjemný dojem a zapadá do laboratorního prostředí. Stejně jako u modelu Vertex 70v je nápis umístěn v dolní části, kde nijak neruší celkový dojem ze zařízení.



Obr. 2-3 Vertex 80, BRUKER [6]

OPTON LASER

Francouzská firma Opton laser vyrábí řadu optických přístrojů, mimo jiné i právě FTIR spektrometry. V nabídce jsou také přístroje dalších firem. Z řad kompaktních spektrometrů je to švýcarská firma Arcoptix. [7]

Arcoptix

Design tohoto konkrétního modelu spektrometru je velmi jednoduchý a dal by se označit jako čistý. Povrch je celistvý a hladký. To vytváří dojem účelnosti a omezení designových prvků na nezbytně nutné množství. Přístroj je navíc velmi kompaktních rozměrů (180 x 160 x 80) [7].

Model spektrometru Arcoptix však zároveň působí poměrně nedobytně a svým vzhledem nedává jasnou informaci o své funkci. Není zřejmé, ze které strany ho lze otevřít a jaká je jeho správná orientace na pracovní ploše. To se dá považovat za nedostatek z ergonomického a uživatelského hlediska.

Vzhled FTIR spektrometrů firmy Arcoptix je typický svou kovově šedou barvou s červeným lemováním, jak lze vidět u modelu (obr. 2-4). Celkový tvar je hranatého geometrického rázu se zaoblením hran. Podle způsobu použití jsou různé druhy odlišující se možnostmi připojení dalšího příslušenství. Společné znaky, jako tvarové a barevné řešení, ale zůstávají. U tohoto modelu bylo zvoleno výraznější logo přes celou boční stranu modelu, ale díky decentním, a ne příliš kontrastním barvám není tolik rušivé.



Obr. 2-4 Arcoptix, OPTON LASER [8]

KAPLAN SCIENTIFIC

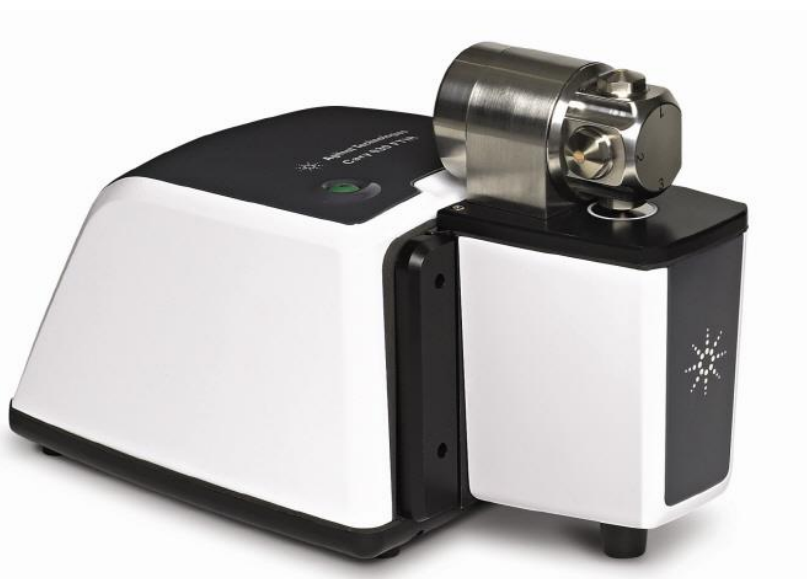
Jedná se o nizozemskou firmu zabývající se přístroji, jejich příslušenstvím, softwarem a dalšími nezbytnými nástroji pro práci v laboratoři a výzkumných centrech. Specializace na spektroskopy zahrnuje mimo jiné i FTIR spektroskopii, kde je v nabídce několik různých přístrojů, od ručních až po stolní vědecké. [9]

Cary 630

Tento inovativní model mobilního spektrometru (obr. 2-5) nese označení „nejmenší FTIR spektrometr na světě“, jelikož se jedná o přístroj opravdu kompaktních rozměrů (200 x 200 mm), přesto je však o něco větší než dříve zmíněný model Arcoptix. V přední části lze vidět připojený modul nesoucí krystal pro kontaktní analýzu, jenž je tvarově odlišen, přesto je tvarování v souladu s celkovým vzhledem přístroje.

Tvar přístroje Cary 630 je opticky rozdělen na dvě části těla o různých rozměrech a kovovou komponentu válcovitého tvaru v horní části krytu, jejíž část je zároveň ovládacím prvkem s otočným šroubem. Tím je možné přístroj přenastavit dle potřeby. Tvarové oddělení jednotlivých částí vytváří logickou představu o funkci přístroje, působí dynamičtěji a příjemněji z ergonomického hlediska. Zkosené hrany působí přívětivě pro uživatele a podtrhují poměrně jednoduchý tvar.

Převažující bílá barva vytváří dojem čistoty, zatímco černé prvky definují tvar a také opticky oddělují části přístroje. Tohle řešení se zdá být logické a není rušivé. Barvy jsou sice kontrastní, ale v případě modelu, který má členěný tvar a vystupující části, je tato kombinace vhodná. Grafické prvky na modelu jsou sice poměrně výrazné vzhledem ke kontrastní barevnosti, nicméně se jeví být natolik součástí přístroje, že nepůsobí rušivě.



Obr. 2-5 Cary 630, KAPLAN SCIENTIFIC [10]

5500 Series Compact FTIR

Model stolního FTIR spektrometru s označením 5500 Series Compact (obr. 2-6) vychází ze základního tvaru, který jen málo vypovídá o funkci přístroje. Je však obohacen o kovovou součást v horní části, která slouží jako měřicí prvek přístroje.

V případě tohoto modelu je tedy analyzační hlavice umístěna uprostřed horní plochy, což i s krychlovým tělem přístroje a otvorem v prostředku přední stěny vytváří dojem symetričnosti.

Díky absenci tlačítek a jiných ovládacích prvků (mimo kovovou součást k tomu určenou) není přístroj matoucí a působí přívětivě z hlediska manipulace a ovládání.

Hranatý tvar modelu působí poměrně stroze, avšak díky barevnému řešení a celkovému dojmu působí decentně a účelně. Rovné a hladké povrchy přístroje jsou navíc jednoduché na údržbu a uskladnění. Oddělení pomocí barev přístroj logicky dělí na dvě části, což zvyšuje intuitivnost pro uživatele, jelikož snadněji rozliší manipulační část od stabilního těla přístroje. Co se týče loga, jeho umístění na čelní straně v horním levém rohu odpovídá standartu a i svou velikostí je optimální – čitelné, ale ne rušivé.



Obr. 2-6 5500 Series compact FTIR, KAPLAN SCIENTIFIC [11]

THERMO FISHER SCIENTIFIC

V oblasti vědy a výzkumu je známým dodavatelem firma ThermoFisher, která produkuje přístroje využívané ve vědě, ale i ochranné a bezpečnostní produkty. Při zaujetí celé škály produktů napříč odvětvími se zvyšuje šance na komplexnost a postihnutí problémů různého druhu. Jednotlivé produkty je poté možné kombinovat a optimalizovat tak jejich využití. [12]

Nicolet™ iS™ 10 FTIR Spectrometer

Již na první pohled se model Nicolet (obr. 2-7) liší od výše uvedených především členitostí a tvarováním. Také se zde objevuje ovládání pomocí tlačítek.

Celkově tento model spektrometru působí spíše zastaralým dojmem a přílišné tvarové odlišnosti povrchu vytvářejí dojem roztříštěnosti. Většina plastických detailů má pouze estetickou funkci, což by se u laboratorního přístroje dalo považovat za zbytečné. Vzorková část je poměrně zřetelně vyznačena a díky prohlubni v horní ploše částečně kryta.

Co se týče ovládání, použití tlačítek se nedá pokládat za špatné řešení, nicméně obvykle se již nepoužívá. Výhodou může být intuitivnost a přímost ovládání přístroje. Vzhledově je to ovšem poměrně rušivé a může snadněji dojít k nechtěnému kontaktu s tlačítkem.

V kontrastu k poměrně hmotnému a komplikovanému tvaru je barevné řešení decentní. Kombinace modré a dvou odstínů šedé působí příjemným dojmem a podobně jako v případě modelů dříve zmíněné firmy Bruker (řada Vertex) tato barevnost v laboratorním prostředí neruší. Příjemným detailem je barevné a reliéfní sladění vrchní části analyzačního modulu a boční hrany přístroje. Logo firmy je logicky umístěno na čelní straně u levého okraje. Tmavě červený nápis je dobře čitelný na bílém štítku.



Obr. 2-7 Nicolet™ iS™ 10 FTIR, THERMO FISHER SCIENTIFIC [13]

SHIMADZU

Japonská korporace Shimadzu je producentem měřicích a analyzačních přístrojů používaných pro výzkum a lékařské účely. Hlavní myšlenkou je přístupnost kvalitních produktů, které budou přínosem pro výzkum a lidstvo jako takové. [14]

IR Tracer 100

Signifikantním znakem japonského modelu spektrometru (obr. 2-8) je rozmanité tvarování jednotlivých ploch. Některé z nich jsou účelné, jako v případě těch v horní části sloužící k odklopení, jiné slouží spíše ke zvýšení dynamičnosti tvaru.

Celkově tvar tohoto spektrometru působí příjemně, zejména díky zkosení hran a různým proporcím celého objemu. Nejednotnost tvaru není rušivá a neomezuje v pohybu ani prostoru. Celý přístroj stojí na čtyřech nohách, které jsou umístěny v rozích, což odlehčuje vzhled přístroje a nepůsobí tedy tak hmotně.

Ve spodní části lze vidět rozsvícenou kontrolku, která díky okolní tmavé ploše vyniká. Prohlubeň v místě odklopné části krytu působí z ergonomického hlediska přívětivě.

Barevné řešení je provedeno v kombinaci tmavě šedé barvy spodního krytu a středního panelu, se zbytkem krytu ve středně šedém odstínu. Logicky tak odděluje ovládatelnou a statickou část přístroje. Logo je v čitelné velikosti u levé hrany na čelní straně v barvě tmavších částí modelu.



Obr. 2-8 IR Tracer 100, SHIMADZU [15]

PERKINELMER

Americká globální společnost PerkinElmer, která se zabývá výzkumem a analýzou v oblasti medicíny, potravinářského průmyslu a dalších odvětví, přispívá trhu mnohými přístroji k tomu určenými. [16]

Spectrum 3 MIR/NIR/FIR Spectrometer

Stolní spektrometr (obr. 2-9) byl navržen v poměrně atypickém tvaru. Dělené lomené plochy zapříčiňují rozrůznění tvaru objektu, což má za následek, že nepůsobí tolik hranatým dojmem a nepřipomíná plechovou krabici. Tento přístup k tvarování vytváří dynamičnost. Místy se ovšem může zdát plocha víka jako hůře doléhající, skoro jako by nebylo možné ji úplně přiklopit.

Oproti výše uvedeným modelům spektrometrů, tento obsahuje displej. Je to poměrně netradiční způsob ovládání spektrometrů, jelikož většinou obsahují pouze ovládací prvek umožňující zvedat víko, případně jinak obsluhovat vzorkovou část přístroje. Připojování dalšího příslušenství bývá také obvykle řešeno pomocí kabelů. Přítomnost displeje sice nabízí nové technické možnosti a řada uživatelů jej může pro práci preferovat, nicméně z hlediska životnosti a kazivosti přístroje není tento způsob ovládání optimální.

Z hlediska volených barev pro tento model, tmavá spodní část uzemní přístroj, zatímco zbytek je světlé barvy, což působí čistě a zapadá do laboratorního prostředí. Ovšem toto rozvržení poměrně rozbíjí celkový tvar, především ve spodní části. Oblouky po stranách a převislá světlá část vycházející z víka působí nesourodým dojmem. Barevné obdélníkové logo, umístěné na přední straně přístroje, je v kombinaci zelené a modré zbytečně příliš výrazné. Také na první pohled odvádí pozornost od displeje – stěžejního ovládacího prvku.



Obr. 2-9 Spectrum 3 MIR/NIR/FIR Spectrometer, PERKINELMER [17]

JASCO

Původem japonská firma JASCO, která se zabývá přístroji pro analýzu vzorků v oblasti spektroskopie a chromatografie. Produkty jsou tedy navrhovány pro laboratorní a výzkumné prostředí. [18]

FT/IR-4000

Stolní spektrometr firmy JASCO (obr. 2-10) je geometrického tvaru s několika přechody a plastickým oddělením jednotlivých částí. Střídají se zde zkosené a zaoblené hrany vystupující z hlavního tvaru. U tohoto modelu lze navíc vidět podstavné nohy ve spodní části, které celý tvar odlehčují, na druhou stranu jejich tvar ne příliš ladí se zbytkem modelu.

Střední část je věnována víku a dalším ovládacím prvkům, které jsou určeny zejména k obsluze vzorkové části. Úchyty jsou z ergonomického hlediska přijatelné. Na pohled jsou poměrně dost výrazné, což se sice může jevit jako lehce rušivé, ovšem usnadňuje to jejich nalezení. Ovládání je snadno dosažitelné, což je u přístroje určenému primárně k plnění jeho hlavní funkce, tedy analýze vzorků, žádoucí.

Volené barvy tohoto modelu jsou srovnatelné s barevným řešením výše uvedených produktů. Tmavší spodní část a světlejší tělo přístroje. Není zde nijak pestrá barevnost, ale jednotlivé barevně odlišené části dávají smysl. Logo je popisné a o dostatečné velikosti. Jeho umístění se liší od výše zmíněných modelů, jelikož je v pravé části čelní stěny. Byla zvolena kombinace dvou odstínů modré, přičemž tmavší odstín ladí se zbytkem designu, zatímco světlejší odstín se nikde jinde na modelu nevyskytuje.



Obr. 2-10 FT/IR-4000 Series of FTIR Spectrometers, JASCO, [19]

Alpha II

Specialitou tohoto modelu FTIR spektrometru je jeho zaměření na analýzu větších vzorků, které jsou navíc v pozici, která neumožňuje použití standartního způsobu. Například analýza nástěnných maleb nebo jiných svisle situovaných rozměrnějších objektů je umožněna díky tomuto řešení, které má spektrometr Alpha II od firmy Bruker (obr. 2-11). Přístroj je lze připevnit k pohyblivému rameni nebo jinému nastavitelnému stojanu a poté jej polohovat dle potřeby.

To také předurčuje některé parametry přístroje, jako jsou hmotnost a rozměry. Vzhledem k tomu, že se jedná o kompaktní zařízení, které navíc vyžaduje určitou manipulaci, jsou hmotnost i celkový objem minimalizovány. Mimo to se tento model liší tvarem v přední části z důvodu odlišného umístění senzoru. Hlavní stěny modelu nejsou kolmé, proto je část se senzorem vystouplá oproti zbytku, aby byla rovnoběžná se svisle situovaným vzorkem. Celkové tvarování je čisté a zaoblené. Horní část modelu je neobvykle vyklenuta, což dodává dynamický vzhled.

K hlavnímu tělu je možné připojit displej a také vyměňovat jednotlivé moduly podle potřebného způsobu analýzy (popsáno dále). Připojovací systém je velmi jednoduchý, a proto také uživatelsky přívětivý. Na modelu nejsou ani žádné ovládací prvky, protože veškeré polohování je nastavováno na nosném zařízení, jímž může být nějaký aparát typu stojan.

Barvy tohoto modelu jsou klasicky voleny v souladu s ostatními přístroji firmy Bruker. Hlavní část přístroje přímo ladí s připojitelným příslušenstvím, takže ve výsledku nelze téměř poznat, že se jedná o dvě části. Loga jsou tentokrát umístěna v horní části, jelikož přední část je věnována hlavní funkci a často není přímo viditelná.



Obr. 2-11 Alpha II, BRUKER [20]

2.2 Technická analýza

Jednotlivé druhy spektrometrů se liší podle principu, na kterém je založeno získávání a sběr dat, tedy uspořádání optických, mechanických a detekčních elementů. Dále se odlišují svými rozměry a použitím. Některé spektrometry jsou mobilní, jiné stacionární. Všechny spektrometry jsou cíleny na analýzu vzorků a zjišťování například chemického složení, ryzosti kovů nebo přítomnosti určitých látek a prvků pomocí měření spektrálního rozložení intenzity zkoumaného záření. [21]

Dělení spektrometrů není přímo unifikováno. Není uveden jednotný seznam druhů spektrometrů, jelikož je několik faktorů, na základě kterých se od sebe liší a jednotlivé kategorie se místy prolínají. Zde jsou uvedeny nejčastěji zmiňované druhy spektrometrů:

- jiskrové,
- rentgenové,
- ICP,
- ramanovy,
- ONH analyzátor,
- laserové,
- vláknové. [21], [22]

Podle jiných zdrojů je možné spektrometry rozdělit na pouhé čtyři skupiny, a to podle vlastností zdroje. Těmito kategoriemi jsou:

- infračervené (disperzní nebo s Fourierovou transformací),
- ultrafialové,
- ramanovy,
- rentgenové [23].

Dále lze spektrometry rozdělit podle způsobu používání. Při tomto dělení hrají svoji roli rozměry a hmotnost přístroje. Kompaktnější běžně používané spektrometry lze označit jako rutinní. Jejich rozměry jsou zpravidla menší, tvar je více přizpůsoben úchopu při potřebě zařízení přenášet a hmotnost je optimalizována tak, aby jeden člověk za použití obou rukou byl schopen přístroj zvednout. Z uvedených v designerské analýze je to například spektrometr Arcoptix nebo Cary 630.

Spektrometry větších rozměrů, vyšší hmotnosti a také mnohdy spolehlivější přesnosti můžeme označit jako vědecké. Tato zařízení bývají umístěna zejména na pracovních plochách v laboratořích a jiných vědeckých pracovištích, přičemž není vyžadována častá manipulace a přenášení. Mezi dříve uvedenými jsou to například oba zmínění zástupci firmy Bruker, modely Vertex 70v a Vertex 80.

FTIR Spektrometr

Tato práce je zaměřena na spektrometr využívající metodu FTIR – infračervená (dále pouze IČ) spektroskopie s Fourierovou transformací, tedy spektrometr z kategorie infračervených spektrometrů podle výše uvedeného dělení. Zjednodušeně řečeno je pomocí interferometrie získán signál, jenž je následně Fourierovou transformací převeden na IČ spektrum. Pro měření v tomto spektru se používají kyvety z vhodných optických materiálů, které propouští IČ záření (NaCl, KBr, případně odolnější ZnSe). [24]

Výhodou FTIR spektrometrů je mimo jiné vysoká světelnost a velká rozlišovací schopnost [24]. Spektrometry nefungují jako zařízení přímo získávající výsledky měření, pouze jejich pomocí dochází k vyhodnocení provedené analýzy a tato získaná data je dale potřeba porovnat s již existujícími zaevidovanými vzorky.

2.2.1 Složení FTIR spektrometru

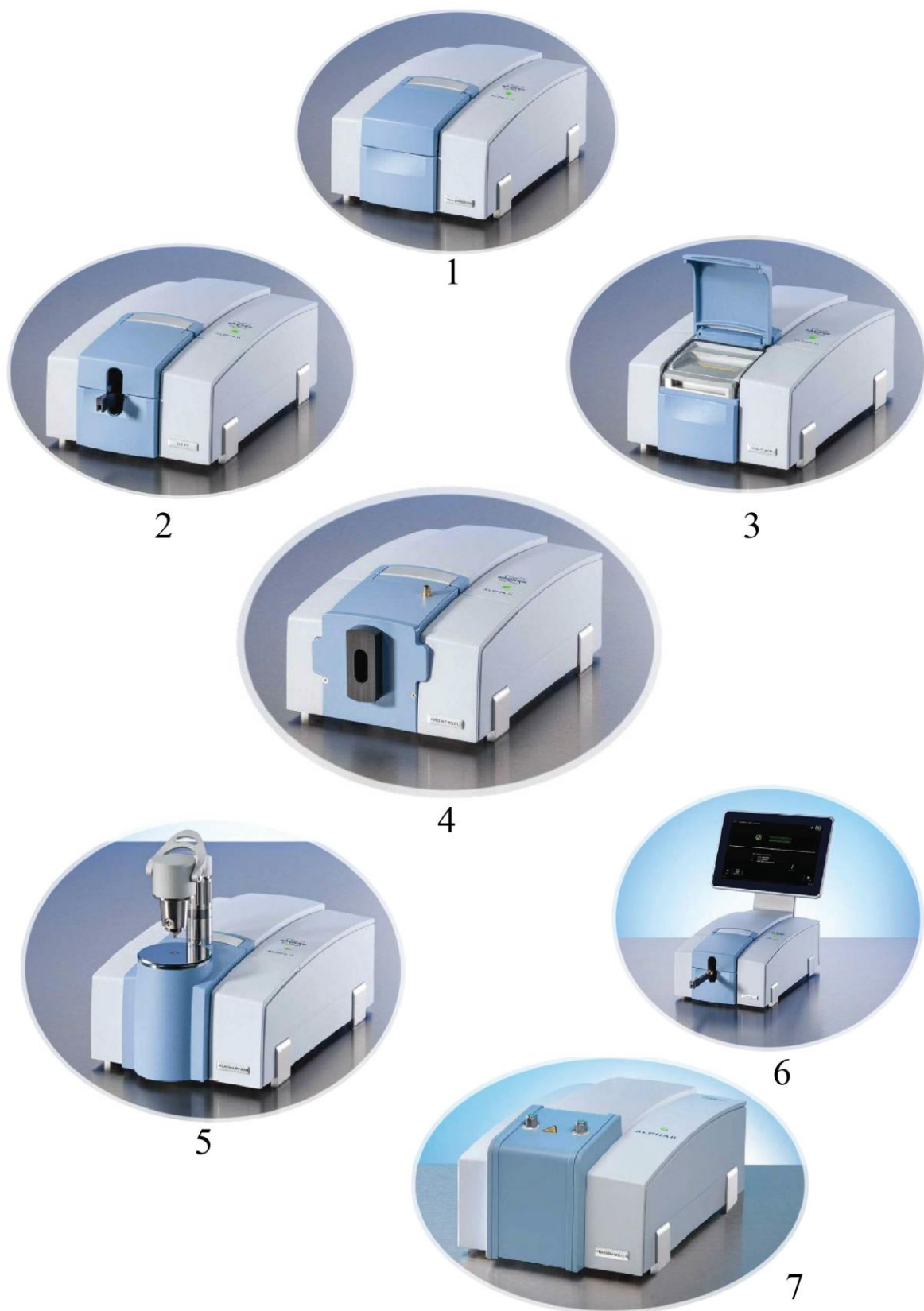
Podle dříve uvedených druhů spektrometrů se liší i jejich komponenty. V rámci jednoho druhu se navíc mohou odlišovat modely podle výrobce (především z hlediska umístění jednotlivých komponent). Různé FTIR spektrometry mají v hlavní části přístroje obdobné komponenty, jelikož fungují na stejném principu, který vyžaduje součásti jako je interferometr, zdroj, zrcadla a jiné (dále popsáno podrobněji). Lišit se mohou ale v uspořádání a prostoru pod krytem i v dalším příslušenství.

Vnější uspořádání

V rámci FTIR spektrometrie existuje několik technik, které lze využít k analýze vzorků. Využívají různé fyzikální principy a liší se komponentami, které také ovlivňují tvar. V designerské analýze byli zástupci různých analyzačních metod, avšak na posouzení přístroje z hlediska estetiky, designu a ergonomie to nemá příliš vliv, proto budou tyto metody více rozepsány v rámci kapitoly Technická analýza.

Na obr. 2-12 je model kompaktního rutinního spektrometru Alpha II od firmy Bruker. Díky oddělitelné části, která již byla zmíněna v designerské analýze u modelu Alpha II, jenž umožňuje analýzu svisle situovaných a rozměrnějších vzorků, je možné měnit moduly v rámci jednoho základního přístroje (obr. 2-12).

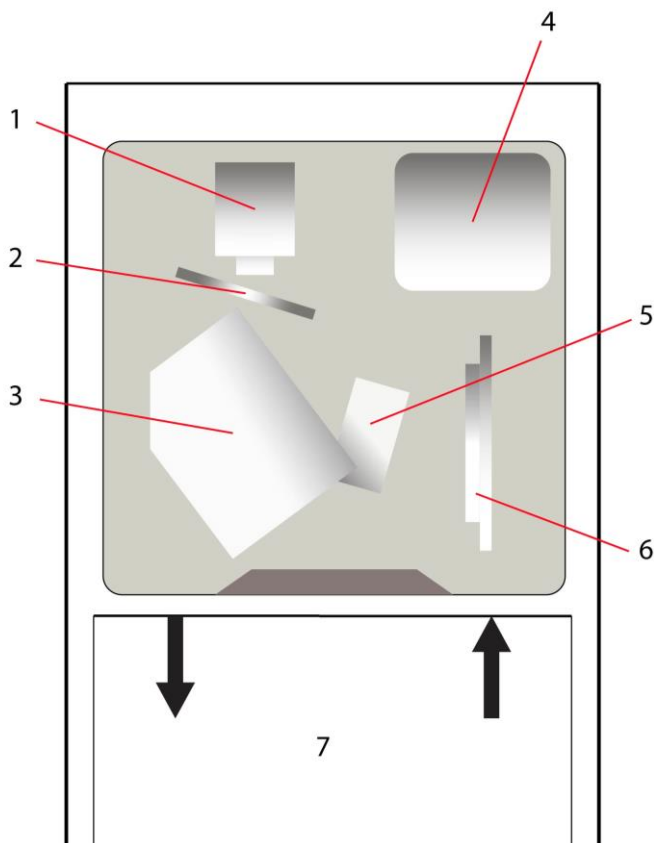
1. Univerzální vzorkový modul – všechny druhy vzorků (pevné, kapalné i plynné)
2. DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform) – pro pevné vzorky
3. multireflexní ATR (Attenuated Total Reflectance) – pro pasty, gely a kapaliny
4. odrazový modul (již zmíněn v designerské analýze) – bezkontaktní analýza
5. platinový ATR – pevné a kapalné vzorky
6. připojený dotykový displej
7. modul pro analýzu plynů. [25]



Obr. 2-12 Alpha II s přidavnými moduly pro různé metody analýzy, upraveno [25]

Vnitřní uspořádání

Na následujícím obrázku (obr. 2-13) je schéma rozložení vnitřních komponent rutinního FTIR spektrometru. Tento model je navržen tak, aby neobsahoval více komponent, než je nezbytné a nedisponoval nevyužitým prostorem. To reguluje rozměry i hmotnost přístroje a dělá z něj optimální zařízení pro přenos a nevázanost na jeden pracovní prostor.



Obr. 2-13 Vnitřní uspořádání komponent stolního spektrometru

Vnitřní součásti běžného FTIR spektrometru jsou následující:

1. infračervený zdroj pro střední oblast MIR (Middle Infra Red)
2. vnitřní kolo filtrů pro automatizované kvalifikační testy (obsahuje např. polystyrenovou folii)
3. interferometr – klíčová součást přístroje, konkrétní typ je Rocksolid Interferometr
4. prostor pro umístění sušidel v přístroji (silica gel pro udržení co nejnižší vlhkosti v přístroji)
5. část interferometru (elektromagnet pro pohyblivá zrcadla)
6. deska s detektorem IČ záření
7. veškerá řídicí elektronika schována ve spodním krytu přístroje.

Šipky znázorňují vstup a výstup pro přípojovací moduly, které jsou na obrázku (obr. 2-12).

2.2.2 Princip FTIR spektrometru

Tato kapitola je určena k vysvětlení fungování FTIR spektrometrů a k detailnějšímu popsání určitých součástí přístroje zmíněných v předchozí kapitole. Pro navržení nového designu přístroje je totiž důležité pochopit vazby jednotlivých komponent a jejich účel. Zároveň může dojít k úsudku, že některá část vnitřního uspořádání by mohla být provedena jinak a tím docílit minimalizace zabraného prostoru, případně optimalizovat tvar vnější části přístroje.

Infračervená spektrometrie

Infračervené záření se nachází mimo tu oblast spektra, která je viditelná lidským okem. Běžně se ale s tímto druhem záření setkáváme. Jeho objevitel William Herschel, který v roce 1800 zkoumal sluneční spektrum zjistil, že má co do činění s teplem, tedy energií, kterou lze měřit teploměrem. Ve skutečnosti IČ záření vyzařují všechna tělesa. Tohle lidským okem neviditelné záření lze tedy označit za tepelné. [26]

Podstatou IČ spektrometrie je měření IČ záření odraženého nebo absorbovaného vzorkem. S tím souvisí také změna vibračního nebo rotačního stavu molekul [27]. Již z názvu FTIR spektrometru lze po překladu vyčíst, že zde hraje roli zdroj v IČ oblasti spektra. Tato oblast se dále dělí na tři spektrální oblasti. Jsou to:

- NIR (blízká IČ oblast): $\lambda = 0,8 - 2,5 \mu\text{m}$,
- MIR (střední IČ oblast): $\lambda = 2,5 - 25 \mu\text{m}$,
- FIR (vzdálená IČ oblast): $\lambda = 25 - 1\,000 \mu\text{m}$ [27].

Ve výše uvedeném vnitřním složení jednoho z modelů rutinních spektrometrů (obr. 2-13) figuruje zdroj v MIR oblasti. Takovým zdrojem může být elektricky ohříváná tyč z karbidu křemíku (SiC) nebo lasery [27].

Pro IČ spektrometrii jsou nutné určité součásti přístrojů, které této oblasti spektra k analýze vzorků využívají. Patří mezi ně:

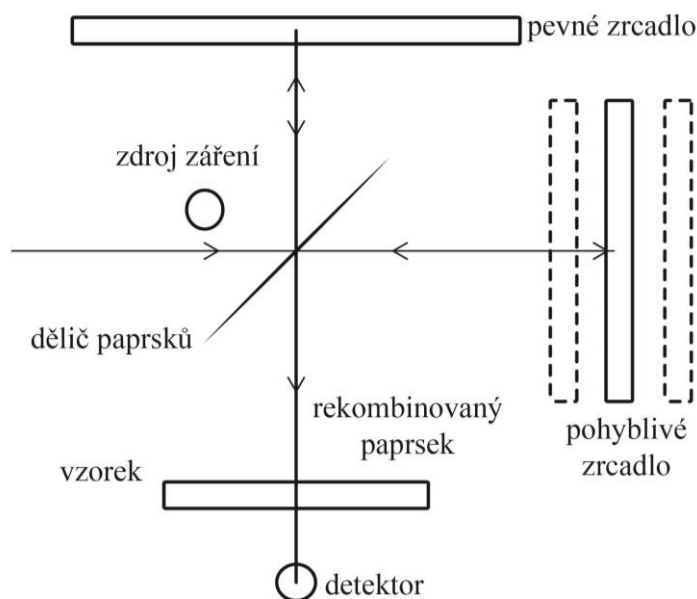
- zdroj,
- měrná (a srovnávací) kyveta,
- zařízení pro selekci vlnové délky,
- detektor záření [27].

Uvedené složení splňuje i přístroj na principu interferometru, mezi které se FTIR spektrometr řadí.

Výhodou FTIR spektrometrie je například více energie vstupující do vzorku, tudíž není nutné použití disperzní optiky. Také je záznam spektra rychlý (méně než 1 s) a lze dosáhnout vysokého rozlišení (až $0,01 \text{ cm}^{-1}$). [27]

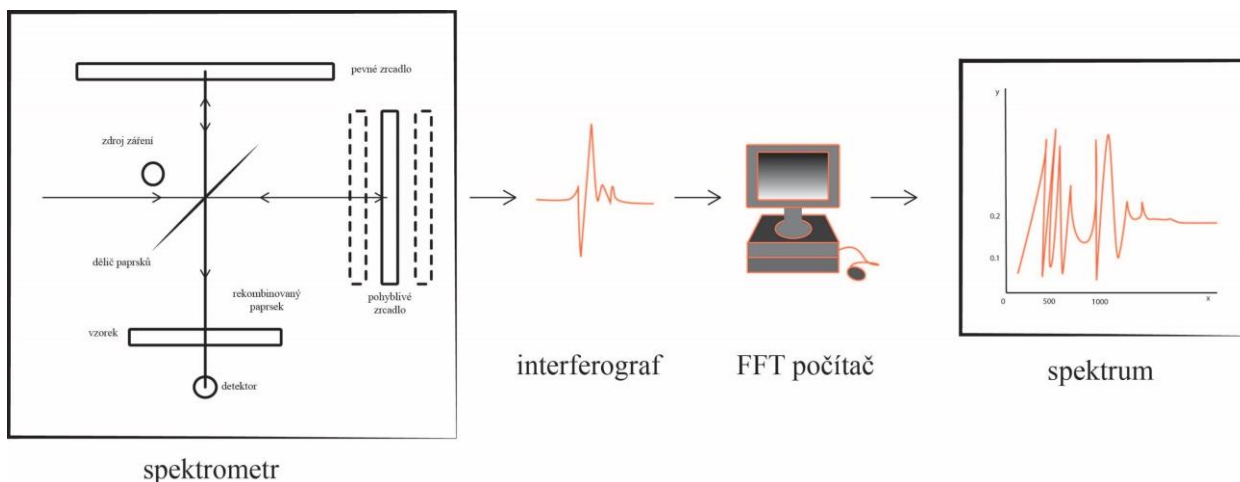
Interferometr

Nezbytnou součástí FTIR spektrometrů je interferometr (obr. 2-14). Pomocí polopropustného děliče paprsků umístěného mezi zdrojem záření a pohyblivým zrcadlem je paprsek záření rozdělen. Jedna, odražená, část putuje k pevnému zrcadlu, od něž se odrazí, zatímco druhá, propuštěná, část paprsku prochází k pohyblivému zrcadlu. Od něj se odrazí a podle pozice pohyblivého zrcadla se na děliči paprsků obě části paprsků sčítají nebo odečítají – dochází tak k interferenci. [24]



Obr. 2-14 schéma interferometru, (upraveno) [24]

Po dopadu signálu na detektor je výstupem interferogram, ze kterého lze za pomoci počítače vyhodnotit spektrum, které je cílem metody (obr. 2-15).

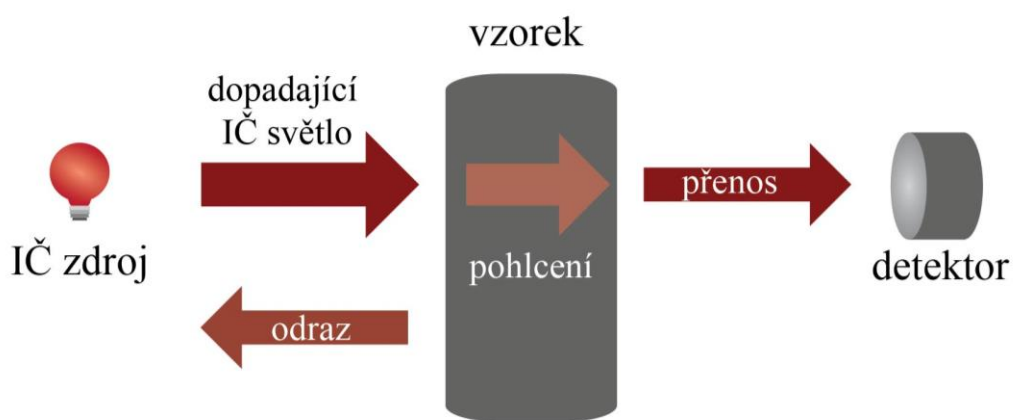


Obr. 2-15 schéma fungování analýzy pomocí FTIR spektrometru (překresleno) [28]

Metody

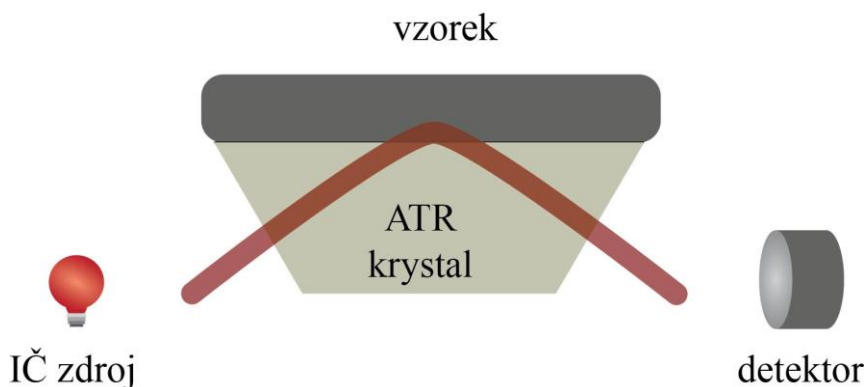
Jak již bylo dříve zmíněno a na obrázku (obr. 2-12) znázorněno, existuje více metod, jak analyzovat vzorky. Volená metoda se odvíjí od vstupních parametrů vzorku, jako jsou rozměry, přístupnost, skupenství a další. Pro tuto práci jsou klíčové zejména dvě metody - IČ reflexní a ATR za použití krystalu.

Princip IČ spektrometrie byl popsán již dříve v práci. U této metody se jedná v zásadě o odraz paprsku IČ zdroje světla od vzorku a následný dopad na detektor, jak lze vidět na schématu (obr. 2-16). Tato metoda je bezkontaktní, což je výhoda u analýzy objektů, ze kterých z nějakého důvodu nelze odebrat fyzický vzorek. Vzhledem k tomu, že nedochází přímo ke kontaktu, bylo by obtížné správně zvolit vzájemnou polohu vzorku a přístroje, proto se zde využívá kamera (jako je tomu v případě spektrometru Alpha II), pomocí níž je možné se zorientovat a zaměřit paprsek přímo na požadovaný bod vzorku. [29]



Obr. 2-16 schéma principu odrazové IČ spektroskopie, upraveno [29]

U metody ATR je stěžejní částí krystal, který bývá zpravidla z diamantu, sulfidu zinečnatého (ZnSe) nebo z germania (Ge). Zdroj IČ záření prochází tímto krystalem, který je v kontaktu se vzorkem (správný kontakt je pro tuto metodu velmi důležitý). Paprsek je částečně absorbován vzorkem, který je na krystalu a částečně dopadá na detektor, který dále umožňuje získání výsledku analýzy. [29] Tento princip lze vidět na obrázku (obr. 2-17).



Obr. 2-17 schéma principu ATR metody, překresleno [29]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Základním požadavkem u laboratorních zařízení je vedle výkonnosti také uživatelsky přívětivá obsluha, což zahrnuje i intuitivnost. Pokud uživatel nemůže snadno rozklíčovat princip, na kterém zařízení pracuje a tyto obtíže se netýkají neznalosti tohoto zařízení v obecné rovině, je jeho práce zbytečně zkomplikována. To stejné platí pro špatné řešení z hlediska ergonomie. V případě, že uživatel nemůže pohodlně dosáhnout na ovládací prvky, nebo je práce se zařízením po delší době nekomfortní, je potřebná změna.

Nový design by měl předejít výše uvedeným rizikům a v ideálním případě poskytnout inovativní přístup, ke kterému není nutné zásadně měnit návyky používání dřívějších modelů přístroje. Současně by měl však přinést nové možnosti a výhody.

Cílem je tedy navrhnout přístroj, který bude v souladu s ergonomií a prostředím, pro které je cílen, a zároveň umožní optimální funkčnost v užší škále aplikací. Nebude tedy univerzálně plně využitelný pro všechna odvětví, zato nabídne daleko lepší a efektivnější využití ve specifikované oblasti za propojení více dosavadních řešení.

Přidanými komponentami (viz dále) bude navíc usnadněna obsluha přístroje a větší důraz na komfort při manipulaci s tímto kompaktním přenosným přístrojem zajistí příjemnější práci.

3.1 Analýza problému

Na trhu je nedostatek specializovaných spektrometrů, které by byly využitelné pro konkrétní druh aplikace, jako je restaurátorství nebo analýza jiných rozměrnějších objektů. K dostání jsou především univerzální modely, které umožňují širokou škálu využití za velmi dobré výkonnosti a efektivnosti, ovšem jsou případy, kdy je právě univerzálnost omezující. Řadu požadavků na funkci splní mnoho produktů na trhu, avšak požadujeme-li optimální nástroj ke splnění konkrétní funkce, kterou práce vyžaduje, musíme se buď smířit s průměrnou kvalitou a efektivitou nebo hledáme jiné řešení.

Současné modely spektrometrů neumožňují přizpůsobení analyzační metody pro konkrétní vzorek. Kdybychom například chtěli analyzovat jeden vzorek více metodami, není mnoho přístrojů, které by tuto funkci zastaly samy o sobě bez nutnosti měnit modul nebo rovnou celé zařízení.

Omezenost ve volbě zkoumaných objektů je také limitována jejich rozměry, jelikož plochy určené pro vzorky nejsou dostačující, často jsou navíc kryté a zabudované v přístroji. To předurčuje maximální rozměry zkoumaného vzorku. Pokud bychom pak chtěli provádět analýzu určité oblasti, současné přístroje obvykle neobsahují kameru, která by usnadňovala navigaci.

3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

Na základě průzkumu trhu a analýzy existujících modelů spektrometru lze dojít k závěru, že většina již existujících stolních spektrometrů na trhu využívá pro hlavní jednotku základní tvar kvádr. V několika případech je docíleno optického změkčení zaoblením, případně zkosením, hran nebo přidáním dalšího prvku, který mění dojem z jinak pravidelného tvaru přístroje.

Pouze minimum modelů má ovládací prvky jako jsou tlačítka nebo dotykové displeje. Vzhledem k funkci tohoto zařízení nejsou tyto přidané části nezbytné. V případě modelu Alpha II (viz kapitola Designerská analýza) je možné displej připojit, stejně jako jiné moduly. Primární je ale možnost otevření přístroje, což umožňuje vyměnitelnost součástí a zajištění vysušování.

Většina modelů uvedených v designerské analýze nabízí rozbor vzorků jednou metodou, a tím je určitým způsobem vymezena skupina vzorků. Univerzálnost se tu tedy objevuje v hranicích rozměrů, které jsou dány plochou pro vzorky, a skupenství vzorků, což předurčuje metoda, pro kterou je přístroj navržen.

3.3 Cíle práce

Hlavním cílem této práce je navrhnout koncepční design stolního spektrometru s ohledem na kompaktní a odolný design a možnosti modulární výměny příslušenství.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- zvolit kombinaci dvou metod analýzy vzorků (ATR a odrazová IČ spektrometrie),
- přizpůsobit vnitřní a vnější tvarosloví přístroje s ohledem na kombinaci dvou analytických metod,
- umístit ovládací a manipulační prvky dle ergonomických požadavků,
- zvolit rozhraní displeje a grafických prvků ovladačů a sdělovačů s ohledem na snadnou čitelnost a srozumitelnost,
- navrhnout mechanické rameno určené k manipulaci s přístrojem,
- integrovat kameru pro lepší navigaci vzorku.

Přínosem práce by měl být návrh přístroje, který spojuje dvě zmíněné metody analýzy vzorků (ATR krystal a odrazovou IČ spektroskopii). Výhodou by byla využitelnost pro širší škálu vzorků a možnost analyzovat dvojím způsobem v rámci jednoho přístroje. Součástí této idey je i inovativní pojetí umístění součástí zařízení. Při umístění senzoru pro bezkontaktní analýzu odrazovou metodou a krystalu pro metodu ATR do spodní části přístroje by umožnilo použití spektrometru pro rozměrné vzorky. Podmínkou by ovšem byla konstrukce nastavitelného mechanického ramene.

Při umístění kamery s přenosem k senzoru (jako je tomu u modelu Alpha II s modulem pro analýzu vertikálně situovaných vzorků) by byla navíc zajištěna snazší navigace a zacílení na požadovaný bod vzorku.

Pro zajištění větší bezpečnosti při přenosu a jiné manipulaci s přístrojem je cílem navrhnout dostatečný prostor pro úchop, který však nebude narušovat vnitřní uspořádání a zároveň příliš nezvětší celkové rozměry zařízení.

3.4 Cílová skupina

Navržený spektrometr je cílen pro analýzu vzorků větších rozměrů, než je tomu nyní. Tento model spektrometru je určen pro odvětví restaurátorství a muzejnictví, kde se zkoumají umělecká díla jako jsou obrazy, nástěnné malby aj. U vzorků tohoto druhu je žádoucí bezkontaktní, a hlavně nedestruktivní metoda analýzy. Cílovou skupinou jsou tedy pracovníci v laboratořích a jiných pracovištích, kde je prováděna analýza vzorků, případně v obrazárnách, aukčních síních nebo galeriích, kde je uvedený artefakt vystaven. Pro používání se předpokládá alespoň základní znalost spektrometrie a ovládání spektrometru, avšak cílem je navrhnout přístroj natolik intuitivní, že i laik bude schopen zařízení obsluhovat, nebo minimálně nezapříčiní neopatrností škody. Díky kompaktnosti a poměrně nízké hmotnosti, na něž bude brán zřetel při návrhu, je možné přístroj přenášet, a tudíž není vázán na jedno pracoviště. Předpokládán je malosériový typ výroby.

3.5 Základní parametry a legislativní omezení

Přístroj přímo nepodléhá žádným omezením, co se parametrů týče. Jak bylo uvedeno v kapitole Designerská analýza, rozměry jednotlivých existujících spektrometrů se liší podle typu a použití. Nejmenší uvedené modely mají rozměry 180 x 160 x 80 mm a 200 x 200 mm. Kompaktní rutinní spektrometry dosahují zpravidla menších rozměrů pohybujících se okolo 300 x 200 x 100 mm, jak je tomu i u uvedeného modelu Alpha II, který lze považovat za průměr.

Vzhledem k tomu, že stolní rutinní spektrometry bývají přenášeny v rámci pracoviště, je u tohoto typu vyžadována nižší hmotnost. Například Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně má v požadavcích na FTIR spektrometr uvedenu maximální hmotnost přístroje 10 kg [30].

Navržený přístroj by se tedy měl pohybovat v rozmezí parametrů obvyklých pro stolní rutinní spektrometr s ohledem na mechanické rameno, které musí být také navrženo tak, aby proporčně korespondovalo s přístrojem.

3.6 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

Požadavky na použité materiály při výrobě spektrometru se částečně odvíjí od typu spektrometru. V případě dříve zmíněného modelu, kde je součástí vakuové těsnění, je zapotřebí pevnější a odolnější plechový kryt. U kompaktních přístrojů menších rozměrů stejně dobře poslouží odolnější plast, jehož výhodou je navíc nižší hmotnost, která je u modelu stolního spektrometru, se kterým se manipuluje, žádoucí.

U navrhovaného modelu spektrometru je předpokládána kombinace odolného plastu pro hlavní část přístroje a kovové spodní části, která má uprostřed kruhový otvor pro funkční válec, který je rovněž kovový.

Plastový kryt je vyroben vstřikováním v jednom kuse se třemi kruhovými otvory pro tlačítko a dvě kontrolky v přední části a obdélníkovým otvorem v zadní části, jenž zároveň slouží jako vstup pro výměnu sušidel. Na zadní ploše je také otvor pro vstup konektoru a obdélníkový otvor pro kolébkový spínač. Na horní ploše je navíc vylisovaný kruh pro připojení dotykové obrazovky.

Kovová část přístroje je vyrobena jako tři kusy – jedna hlavní část, ve které jsou prohlubně pro úchyty (ty jsou vyplněny silikonovými potahy) a dvě boční plochy, které jsou s hlavní částí spojeny svařem. Na jedné z bočních ploch jsou čtyři otvory pro šrouby, pomocí kterých se připevňuje manipulátor. Tato připojovací plocha je kryta plastovou krytkou, když není zrovna používána.

Vzhledem k poměrně specifickému použití navrhovaného přístroje a skutečnosti, že celková poptávka se v České republice pohybuje v několika kusech za rok, se nepředpokládá výroba výrazně vyššího počtu kusů. Také z důvodu poměrně náročné a nákladné výroby, z důvodu velkého množství potřebných komponent a speciálních součástí, nebude výroba velkosériová.

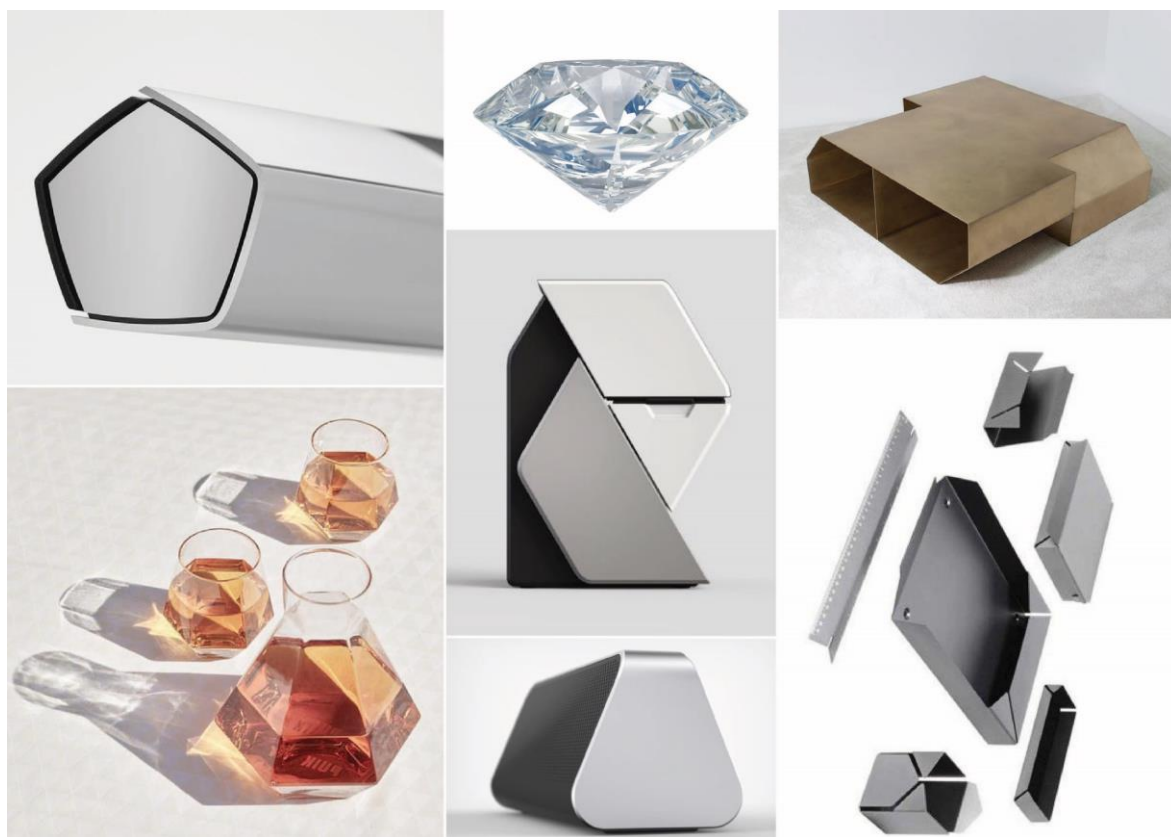
Cena se u FTIR spektrometrů obvykle pohybuje v řádech statisíců (okolo 500 000,- Kč) [30]. V případě spojení více analyzačních modulů a dalšího příslušenství se může cena značně navýšit a dosáhnout až 1 000 000,- Kč.

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Primárním požadavkem tvarování přístroje, jakým je spektrometr, je jednoduchost a čistota ploch. Vzhledem k prostředí, v jakém jsou obvykle tato zařízení používána (zejména laboratoře) je vhodné zvolit decentní tvarové i barevné řešení. Ovšem přístroj navrhovaný v této práci je mimo jiné cílen i do více uměleckých a méně sterilních prostorů, proto dovoluje větší volnost a expresivnost. Důležité je ale dodržení určitých předpokladů u analyzačních přístrojů a jiných zařízení. Jedním z nich je například tvarové rozlišení ploch, které lze otevřít, které jsou manipulační a ty, které jsou určeny pro ovládání přístroje. Také by měl spektrometr svým vzhledem vypovídat o své funkci, ke které je určen a tvarováním, případně barevným nebo grafickým řešením navádět ke stěžejní části.

Dalším požadavkem je logické umístění a přiměřené proporce ovládacích prvků, pokud zařízení nějaké má, a také funkčních prvků, jako jsou senzory, vstupy a výstupy pro připojitelné moduly atd. Pro tuto práci je z technického hlediska stěženi především umístění senzoru pro IR odrazovou metodu a umístění a správná velikost krystalu pro ATR metodu, to vše v souladu s celkovým tvarem a proporcemi.

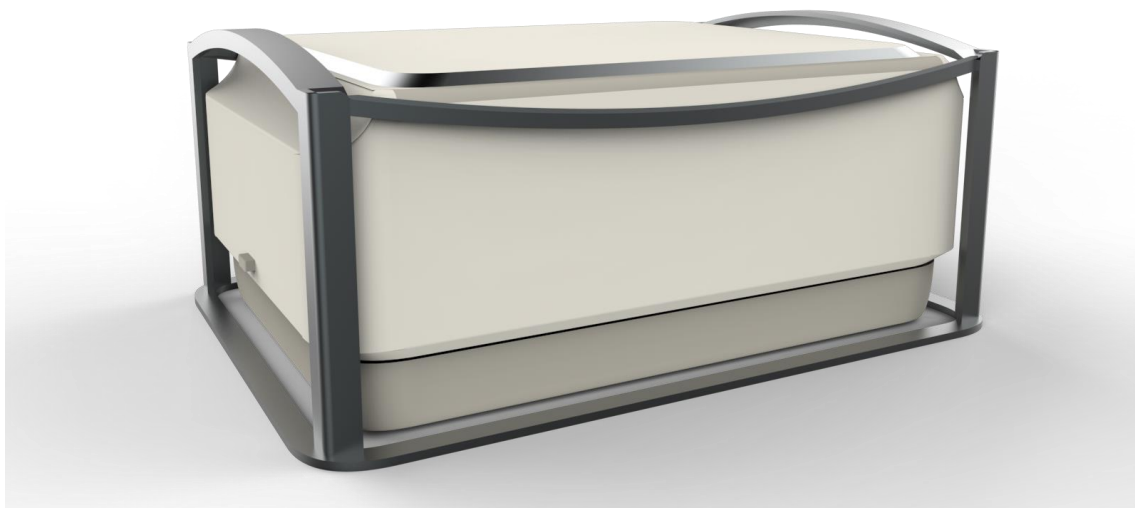
Podle níže uvedené inspirační koláže (obr. 4-1) lze vidět preferované tvarování a plynulost hraničních křivek.



Obr. 4-1 Inspirační nástěnka

4.1 Varianta I

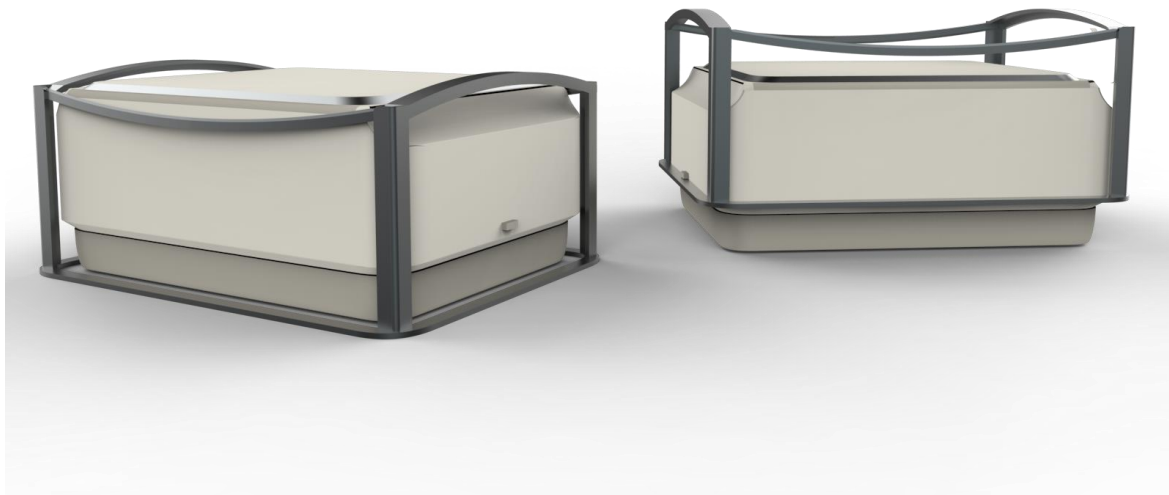
Hlavním záměrem první varianty, kterou lze vidět na obrázku (obr. 4-2), je jednoduchý tvar se zaoblením a zkosením hran. Tento tvar je navíc přizpůsoben obklopující konstrukci. Prohlubně v horní části umožňují pohodlné uchycení, aniž by došlo ke kolizi.



Obr. 4-2 varianta I - hlavní pohled

Výhodou je navíc možnost manipulace s přístrojem uchycením za konstrukci, která funguje jako ochrana samotného spektrometru. Při zdvihu není nutné dotýkat se přístroje, a po zajištění a následném přiložení ke zkoumané ploše vzorku jsou analyzační prvky (senzor a krystal) v potřebné vzdálenosti od vzorku, jak znázorňuje pravý model (obr. 4-3). Vzhledem k tomu, že cílem je možnost připojení k mechanickému rameni, které bude přístroj držet po čas analýzy, je možné regulovat výšku zdvihu právě pomocí onoho ramene. Po opětovném odjištění a položení na stůl nebo jinou plochu, je spodní část přístroje, zejména výsuvný krystal, v bezpečné vzdálenosti od podložky.

Vzhledem k tomu, že přístroj nemá žádné ovládací prvky, kromě hlavního spínače, není nutné brát ohled na dostupnost plochy hlavní části. Samotné stěny pod konstrukcí tedy nemají další funkci.



Obr. 4-3 další pohledy varianty I

Spodní část přístroje je lehce zúžena, což díky konstrukci nemá vliv na stabilitu a zároveň jsou tak opticky odděleny dvě části spektrometru, které se liší i vnitřním uspořádáním.

Nevýhodou této varianty může být z hlediska designu skutečnost, že konstrukce je výrazným prvkem, který zakrývá tvar přístroje a poutá pozornost. Může také působit nezvykle a tím nedávat jasnou informaci o povaze a funkci zařízení. Při občasné servisní údržbě by bylo nutné konstrukci dočasně odstranit, případně zvolit některou stěnu přístroje jako odklápěcí, aby bylo možné dostat se k vnitřním komponentám.

4.2 Varianta II

V případě druhé varianty (obr. 4-4), je krytování více zkosené a zaoblené na hranách. Je dodržen přibližně obdélníkový půdorys, avšak spodní část je lehce zúžená a horní odstupňována do oblouku, který navíc leskem připomíná povrch krystalu. To spojuje design přístroje s jednou z použitých analyzačních metod, tedy ATR za pomoci krystalu.

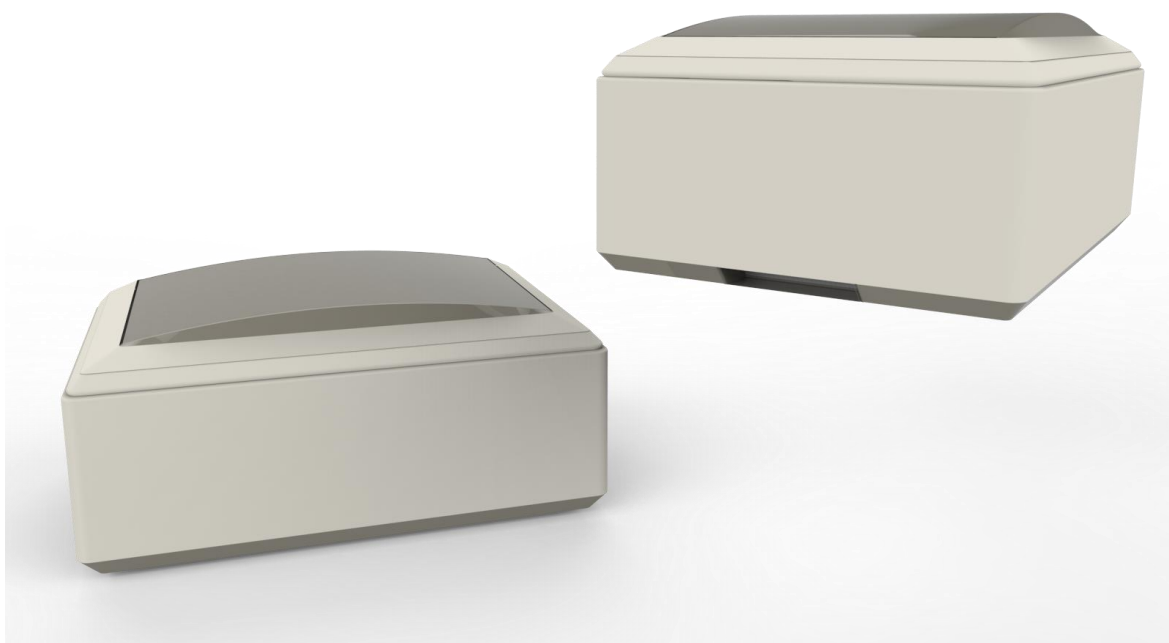
Horní kryt obloukovitého profilu lze po odšroubování pojistných šroubů vyjmout a získat tak přístup k vnitřním komponentám. Ovšem vzhledem k tomu, že tento krok není při běžném používání často nutný, není odklopná část tolik zřetelná a nejsou její součástí žádné viditelné úchyty, které by za běžného provozu překážely a z hlediska designu rušily.



Obr. 4-4 varianta II - hlavní pohled

Výhodou tvarování u této varianty je jednoduchost, která zároveň poukazuje na funkci přístroje a také na první pohled poměrně nenápadně prohlubně po kratších stranách přístroje, umožňující snazší úchop při přenosu a jiné manipulaci (obr. 4-5).

Jednoduchost stěn umožňuje snadné skladování a z pohledu designu vybízí k dalšímu grafickému řešení, které by mohlo propojit vědeckou a estetickou oblast, stejně jako samotný model spektrometru cíleného na umělecká díla.



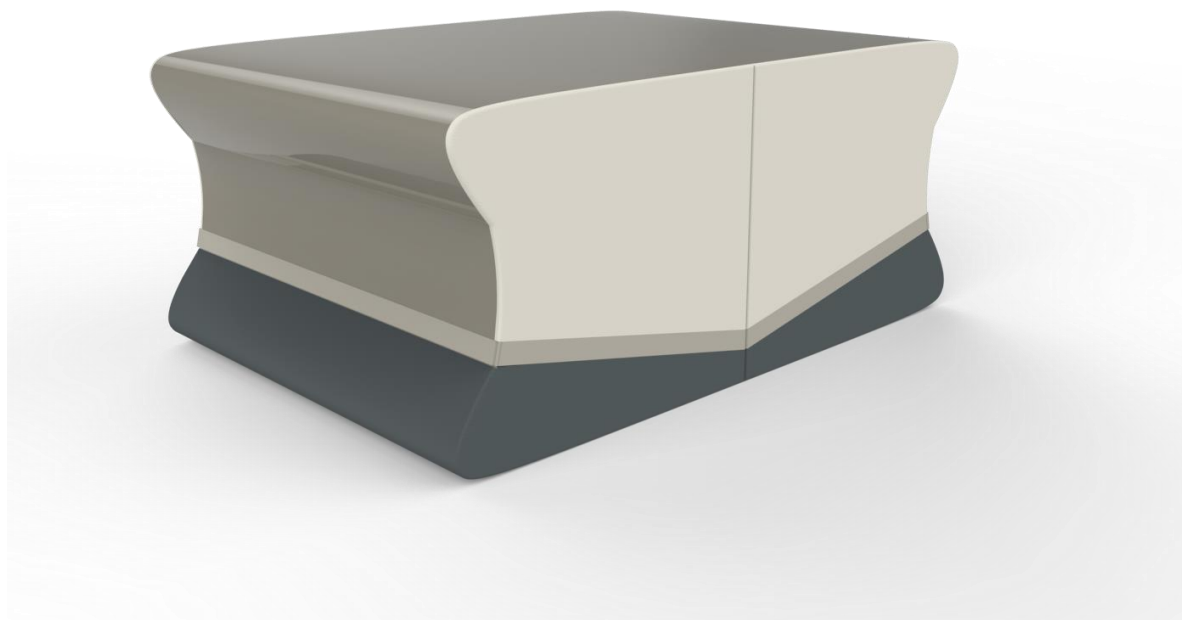
Obr. 4-5 další pohledy varianty II

Nedostatkem této varianty je zdánlivá nedobytnost a přílišné odlišení horní části přístroje, která však sama o sobě nemá žádnou přidanou funkci. Oproti tomu je designově upozaděna spodní, z funkčního hlediska stěžejní, partie, které je zvýrazněna pouze zkosenou hranou. Na první pohled tedy není úplně zřejmé, kde dochází k samotné analýze vzorků, a jelikož spodní hrana přiléhá k pracovní ploše, nemá uživatel vizuální kontrolu nad komponenty funkční části přístroje,

4.3 Varianta III

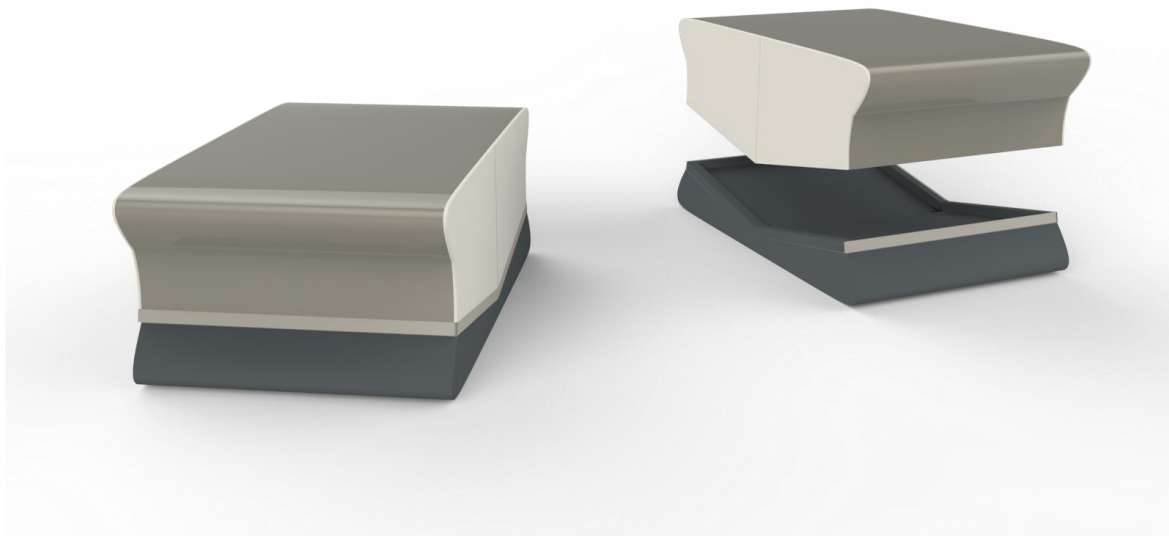
Odlišností varianty III (obr. 4-6) je na první pohled dominantní rozšiřující se tvarování bočnic. Tvar připomínající přesýpací hodiny je využitelný zejména v případě nutnosti přístroj otevřít (k čemuž nedochází často, pouze za účelem občasné údržby), jelikož se otevírá zespodu, a tudíž jej lze otočit a položit na horní plochu přístroje, která je tomu tvarově uzpůsobena.

Rozdělení přední stěny pomocí svislé linie je prvek znázorňující dvojí využití přístroje. Lomený pruh tvaru písmene „V“ navádí opticky ke spodní části přístroje, kde jsou umístěny analyzační prvky obou metod. Tento pruh je navíc současně hranicí plochy, kterou lze od hlavní části zařízení oddělit, jak zobrazuje pravý model (obr. 4-7).



Obr. 4-6 varianta III - hlavní pohled

Výhodou tohoto tvaru je navíc snazší úchop při manipulaci díky zaoblení v horní části přístroje. Stejně tak v případě otočení lze s oddělenou částí lépe manipulovat díky obdobnému tvarování. Zvýrazněním spodní části přístroje získá navíc uživatel již při prvním pohledu jasnou informaci o tom, že stěžejní je právě tato partie.



Obr. 4-7 další pohledy varianty III

Za nedostatek této varianty lze považovat právě onu dynamičnost tvaru, která na kratších stěnách způsobuje o něco větší zásah do prostoru, než je tomu u modelů kvádrovitého tvaru. Rovná spodní plocha bez vybrání navíc nenabízí potřebný komfort při obsluze funkčního modulu, jehož umístění je plánováno právě na tuto spodní část přístroje.

Samotný tvar je také svou atypičností zavádějící z hlediska intuitivnosti. Není na první pohled zřejmé, o jaký přístroj se jedná a jak s ním zacházet.

4.4 Zhodnocení variant

Uvedené tři varianty tvarování spektrometru (obr. 4-8) mají společné prvky v podobě umístění analyzačního modulu do spodní části, možnost přístupu k vnitřním komponentám, obdélníkový půdorys a integraci manipulačních prvků.

Na první pohled je pro variantu I definující obklopující konstrukce, která je funkční, avšak může se zdát příliš dominantní. Odlišujícím prvkem varianty II je poměrně jednoduchý tvar se zvýrazněnou horní částí, která však nenese jinou než estetickou funkci. U varianty III je použité specifické tvarování, které je z hlediska manipulace funkční, přesto se ale může jevit jako méně vhodné kvůli dvěma kratším stěnám, které nejsou rovné, a tím pádem více zasahují do prostoru.

Každá z uvedených variant má určité prvky, které mají svoji funkci a jeví se jako dobré řešení některých ze stanovených problémů uvedených v kapitole č. 3 (např. univerzálnost přístroje a absence úchytů u současných modelů). Výsledná varianta by tedy měla využít silné stránky tří uvedených variantních návrhů a zkombinovat je způsobem přijatelným z hlediska designu i funkčnosti. Jako důležité prvky lze tedy označit konstrukci, která chrání přístroj a zároveň by bylo možné připojit k ní mechanické rameno, úchyty nebo tvarování umožňující snadnou manipulaci a tvarové detaily, které soustřeďují pozornost ke stěžejní funkční části přístroje.



Obr. 4-8 tři variantní návrhy

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Inspirací pro finální tvarové řešení spektrometru byly jednotlivé části výše uvedených variantních návrhů, které byly shledány jako použitelné pro tuto práci a vyhovující pro daný typ spektrometru. Konkrétně se jedná o částečné zakomponování pevné konstrukce z variantního návrhu I, použití zabudovaných úchyťů představených u varianty II, stejně jako prvky připomínající krystal u téže varianty. Z variantního návrhu III byla použita rovná plocha horního krytu.

5.1 Celkové tvarování

Celkový tvar přístroje vychází z kvádrů, jenž je po stranách doplněn o výběžky a ve spodní části je z něj vybrána hmota pro celkové odlehčení. Hrany jsou zkosené a ostřejší přechody jednotlivých stěn mají znázorňovat souvislost s krystalem a lomem světelného paprsku. Obecně hranatý tvar tedy symbolizuje přesnost a odrazivost, které jsou charakteristické pro optiku, jež je uvnitř přístroje. Finální tvarování přístroje z perspektivního pohledu a ve zvolené barevné variantě lze vidět na obrázku (obr. 5-1).



Obr. 5-1 tvarování finálního modelu, perspektivní pohled

Model je tvarově rozdělen na horní a spodní část. Zároveň je boční (kratší) strana z dalšího kusu materiálu, na němž je zpevňující výběžek s úchyty. Členění tvaru je odvozeno od funkce a materiálu.

5.1.1 Tvarování horní části

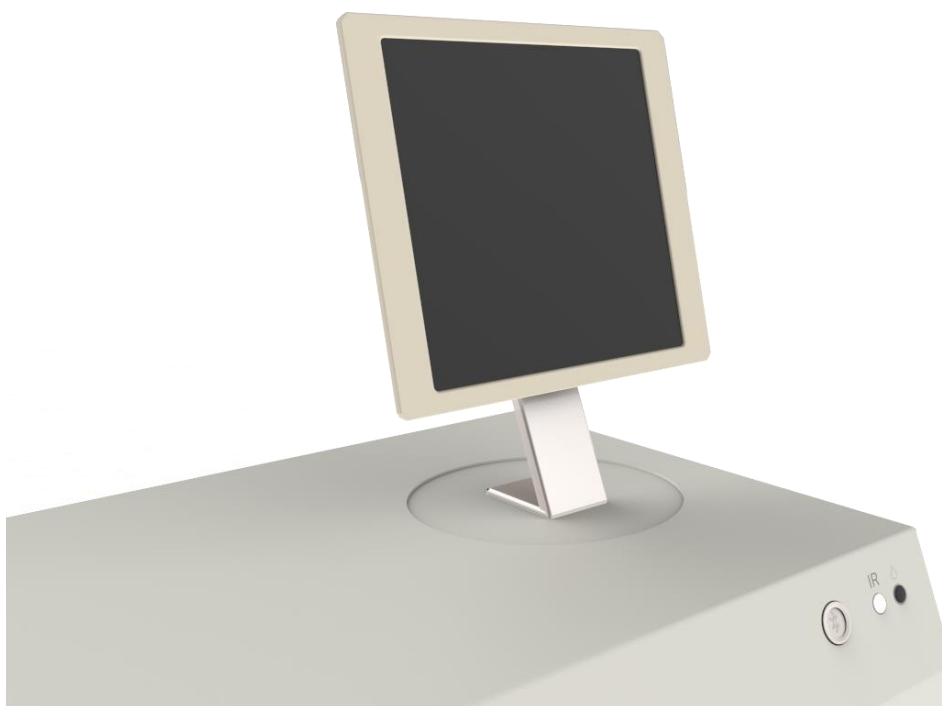
Vrchní část je kryt, který lze po uvolnění šroubů ve spodní části odejmout. Jeho součástí je i plocha pro upevnění přídavné obrazovky. Po obou stranách krytu jsou hrany zkosené, přičemž v různé míře. Na zadní straně, kde nejsou v horní části žádné ovládací prvky, je zkosení menší, avšak pod stejným úhlem, jako v přední části, kde jsou na zkosené ploše umístěny ovladače a sdělovače (podrobněji v kapitole Ergonomie).



Obr. 5-2 pohled na horní plochu s modulem pro dotykovou obrazovku

Jak lze vidět na obrázku (obr. 5-2), horní část přístroje je tvořena lomenými plochami, které jsou doplněny pouze několika detaily. Vrchní plocha přístroje je rovná a bez dalšího tvarování, aby zajišťovala stabilitu při otočení v případě nutnosti zpřístupnění spodní plochy, např. při údržbě. Hrany jsou zkosené a rohy zaoblené, aby přístroj nepůsobil nadměrně ostře a zvýšila se bezpečnost při manipulaci.

Součástí horní plochy je také zabudovaný modul pro připojení externí obrazovky, jak znázorňuje obrázek (obr. 5-3). Plocha kruhového tvaru sloužící k připojení monitoru je oddělena od horní plochy mezerou a je celkově lehce pod úrovní okolního povrchu. Díky tomuto tvaru je umožněna rotace celého modulu. Obdélníkový tvar uprostřed kruhu je krytka otvoru pro obrazovku. Při používání je tedy možné připojit dotykovou obrazovku, což je řešení pro případ, že uživatel nemá po ruce notebook a provádí rutinní analýzu.



Obr. 5-3 horní plocha s připojenou dotykovou obrazovkou

5.1.2 Tvarování spodní části

Spodní část přístroje je rozdílná materiálem i tmavší barevností a fyzicky oddělena od části horní. Obecně je tato část přístroje více geometrická a rozdělena do několika ploch. Z bočního pohledu působí zúženě (obr. 5-4), přičemž z čelního pohledu je zřejmé, že přístroj je stabilní. Těžiště je posunuto směrem dolů díky rozšířeným bočním partiím s úchyty.



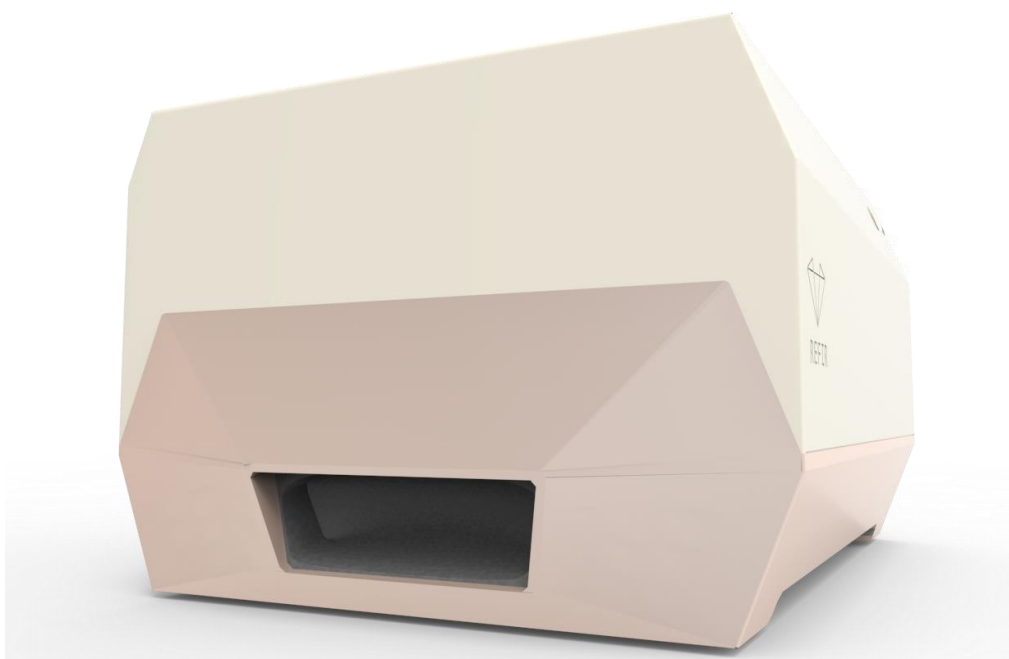
Obr. 5-4 pohled na spodní část přístroje z perspektivy

Celé zařízení navíc stojí na nízkých širokých nohách vzniklých vybráním hmoty ve střední části. Tím je zajištěna stabilita a zároveň optické odlehčení. Tohle tvarování jednak snižuje hmotnost přístroje a jednak umožňuje lepší kontrolu nad příslušenstvím zespodu přístroje, jak je zřejmé z obrázku (obr. 5-5).



Obr. 5-5 pohled na spodní část přístroje při aktivní činnosti krystalu

Jak již bylo zmíněno dříve, součástí spodní části přístroje jsou integrované úchyty po obou kratších stranách. Jejich výhodou je možnost úchopu při manipulaci s přístrojem a snížení rizika vyklouznutí, jelikož se jedná o nákladný přístroj a jinak hladké stěny obecně jistý úchop nezajišťují. Detailnější pohled na tvarování úchopu je na obrázku (obr. 5-6).



Obr. 5-6 pohled na úchopovou část přístroje

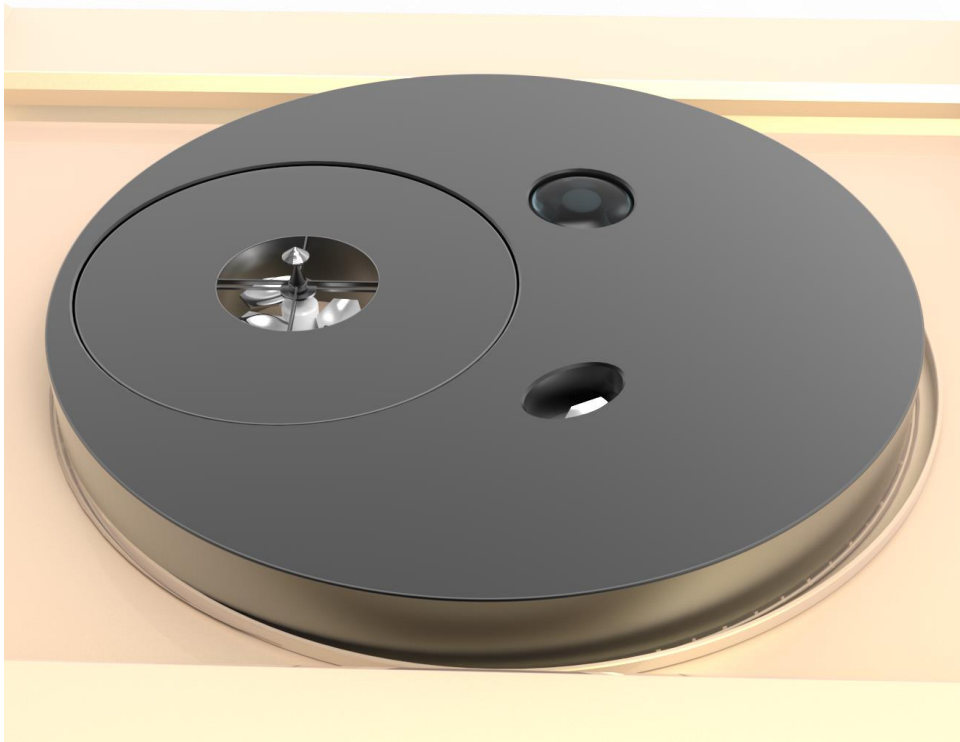
Boční strany s úchyty jsou navíc propojené se stěnami, které vybíhají až k horní hraně, což zajišťuje větší odolnost a ochranu vnitřních komponent. Další funkcí těchto stěn je možnost rozložení jednotlivých částí přístroje. Z jedné strany je totiž možnost připojení manipulátoru, proto se jako vhodné jevílo ponechat boční stěnu dále nerozebíratelnou a odklopení ponechat v rámci horního krytu. Na obrázku (obr. 5-7) lze vidět spára napojení horního krytu a kovové bočnice.



Obr. 5-7 boční strana přístroje s úchopovou částí a plochou připojitelnou k manipulátoru

5.1.3 Tvarování funkční hlavy

Stěžejní funkční součástí přístroje je modul obsahující krystal pro ATR metodu, senzor pro IČ metodu a kameru, která umožňuje nalézt vhodné místo pro analýzu na vzorku. Celý mechanismus je na otočném vysouvacím válci, což umožňuje měnit aktivní součást, jež bude zároveň vždy vycentrovaná stejně. Polohu válce na vertikální ose lze pomocí připojeného počítače měnit, a tím přibližovat nebo oddalovat vzhledem ke vzorku. V klidovém stavu je modul vzdálen tak, aby nehrozilo poškození. Při přenosu je navíc možné použít kryt, stejně tak v případě, kdy přístroj není delší dobu používán.



Obr. 5-8 perspektivní pohled na funkční hlavu s oběma metodami a kamerou na výsuvném válci

Na obrázku (obr. 5-8) lze vidět rozdělení plochy funkční hlavy. Středů jednotlivých modulů funkční hlavy (ATR krystal, kamera, otvor se zrcadly pro odrazovou IČ metodu) leží na jedné kružnici, aby bylo zajištěno, že při otočení válce budou zaostřeny na tentýž bod.

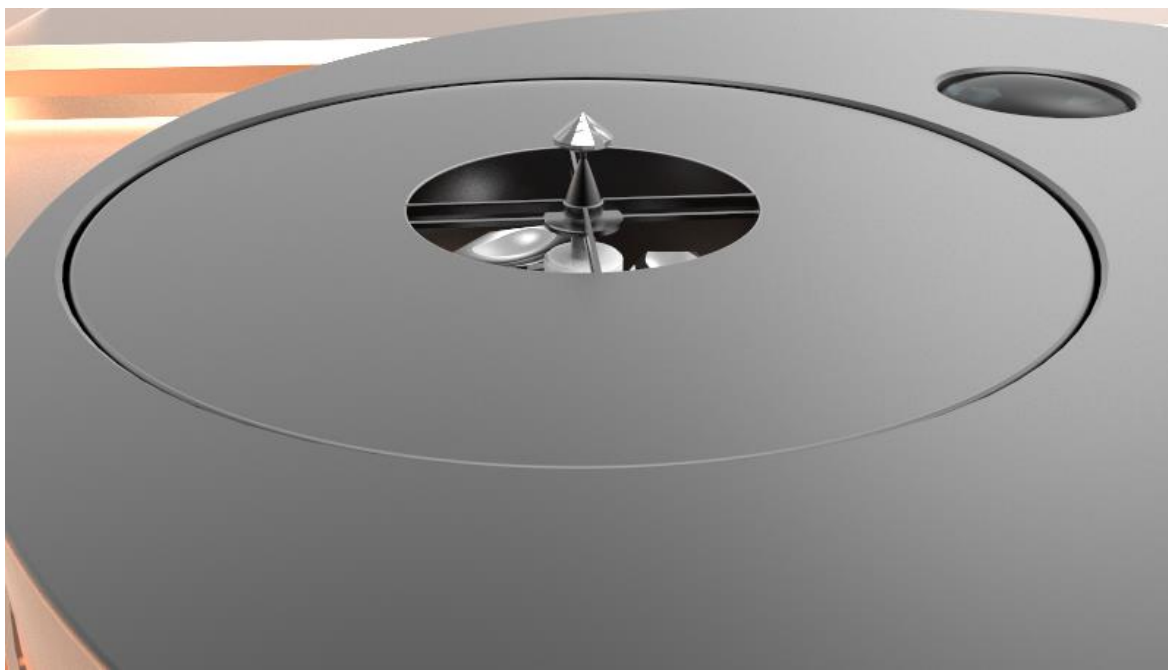
Celý válec je posuvný po vertikální ose. Při aktivním používání krystalu je navíc možné nastavit vysunutí samotného krystalu dle potřeby. Okolo funkční hlavy je lem, který při zasunuté pozici válce zamezuje poškození a chrání tak i hranu válce. Vzhledem k tomu, že je tato důležitá část ve spodním prostoru přístroje, je také náchylná vůči nerovnosti povrchu.

Dvě pozice válce jsou znázorněny na obrázku (obr. 5-9) – vlevo je modul s krystalem vysunut pro analýzu a vpravo je modul pod úrovní okolní plochy válce, tedy pozice pro přenos nebo jiný případ neaktivity analyzačního modulu. Vpravo pod válcem lze také vidět dva kryty – jeden pro ochranu ATR modulu a jeden pro zakrytí celé funkční hlavičky.



Obr. 5-9 funkční válec s vysunutým ATR modulem (vlevo) a v pozici pro neaktivitu modulu (vpravo)

V rámci funkčního válce je dále plocha rozdělena na podružné části. Jednou z nich je samostatný modul ATR metody s krystalem. Jedná se opět o válec, jehož střed leží v hrotu krystalu. Pod ním je otvor, kterým vchází IČ zdroj přes zrcadla do plochy krystalu. Tento celý menší válec je posuvný nezávisle na okolním válci s ostatními moduly. To umožňuje jemnější nastavení přítlaku krystalu a tím ovlivnění kontaktu se vzorkem. Detail krystalu a celého ATR modulu lze vidět na obrázku (obr. 5-10).



Obr. 5-10 detail ATR modulu s krystalem v hlavním výsuvném funkčním válci

6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

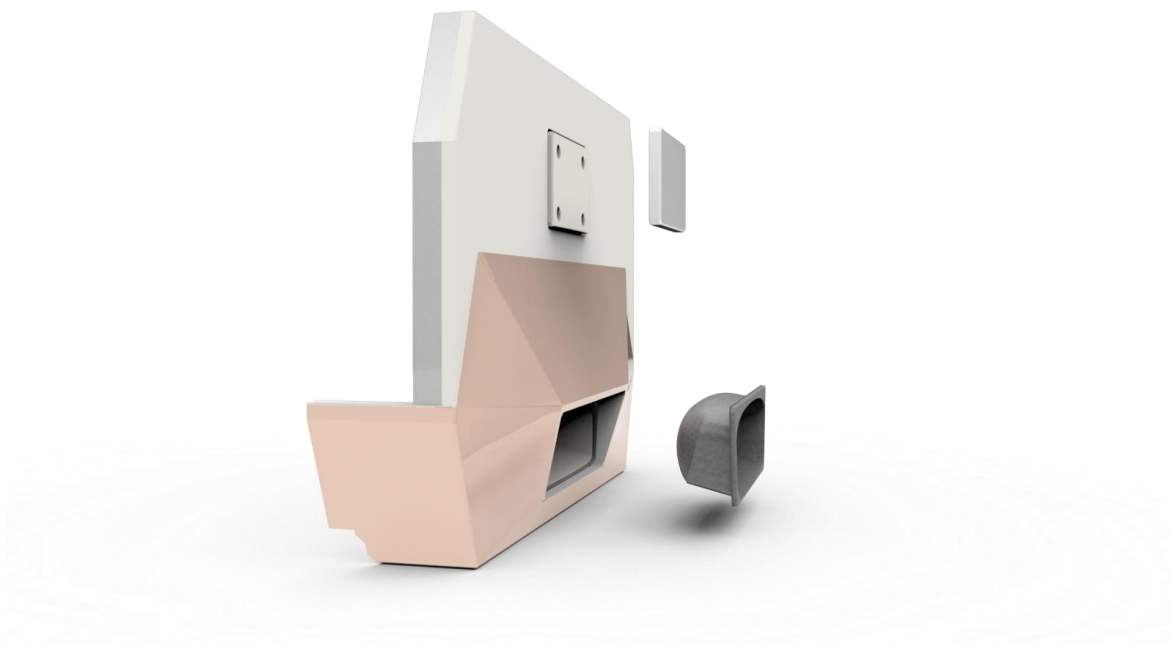
Z hlediska konstrukce a technologie je tělo přístroje jednoduché. Vnější kryt zařízení je rozdělen do více částí podle funkce a materiálu. Stěžejní technologie je ukryta ve vnitřním prostoru, který je navržen v souladu s technologií FTIR spektrometrů. Od vnitřního uspořádání se tedy odvíjí celkový tvar a konstrukční řešení.

6.1 Popis

Přístroj se skládá z hlavní části sloužící k ochraně vnitřních komponent, která se dále dělí na kryt (obr. 6-1) a kovovou část s úchyty (obr. 6-2), a spodní funkční části, která obsahuje vysouvací válec s příslušenstvím.



Obr. 6-1 horní kryt s vysunutou krytkou otvoru na připojení obrazovky



Obr. 6-2 vysunutá krytka modulu pro připojení manipulátoru a vyjmutá silikonová část madla

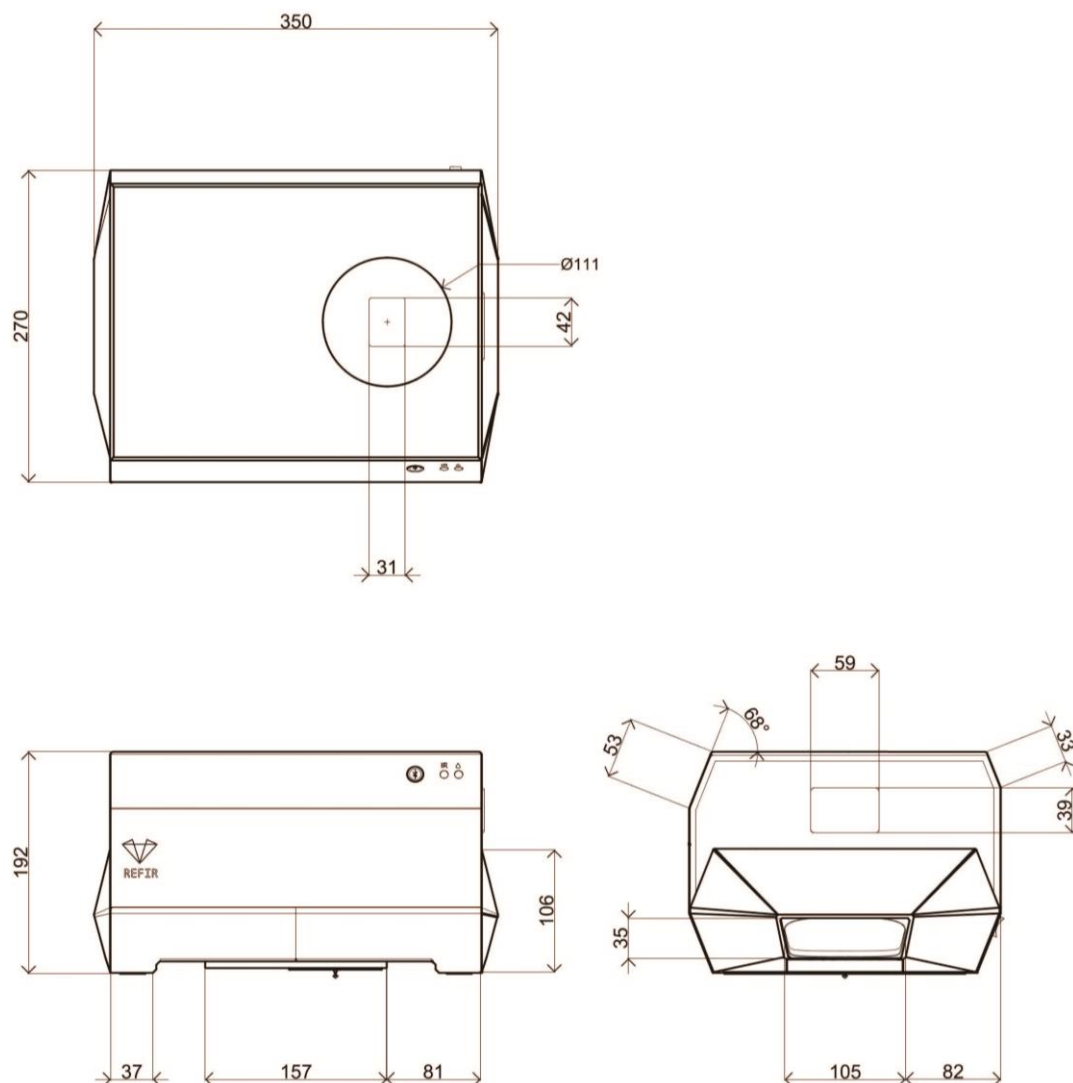
Samostatný oddělený prostor je ukryt uvnitř přístroje a zasahuje i do spodní části, kde je navázán na otočný funkční válec. Proto není umožněno rozdělení přístroje na horní a spodní část, pouze je možné odnětí horního krytu a ze zadní strany vstup k části se sušidly, která je potřeba občasně měnit.

6.2 Rozměrové řešení

Navrhovaný kompaktní spektrometr se lehce odchyluje od předem vymezených parametrů pro přenosné analyzační zařízení (300 x 250 x 200 mm), nicméně odchylka je v řádech několika centimetrů. Tyto referenční rozměry nejsou oficiálně stanoveny, avšak byly zvoleny po vzoru kompaktního spektrometru Alpha II firmy BRUKER, který se velikostně řadí k průměru. K určitému navýšení rozměrů délky a šířky přístroje došlo kvůli integraci dalšího modulu, přeskupení části vnitřních komponent a přidání úchytnů pro přenos.

Následující obrázky (obr. 6-3 až 6-5) znázorňují rozměrové řešení hlavního modelu a jeho příslušenství (manipulátor a obrazovka). Zaznačeny jsou hlavní rozměry, přičemž všechny rozebíratelné části jsou vyjmutelné úplně, a tedy žádná plocha není pouze k odklopení, což by zasahovalo do manipulačního prostoru.

M 1:5

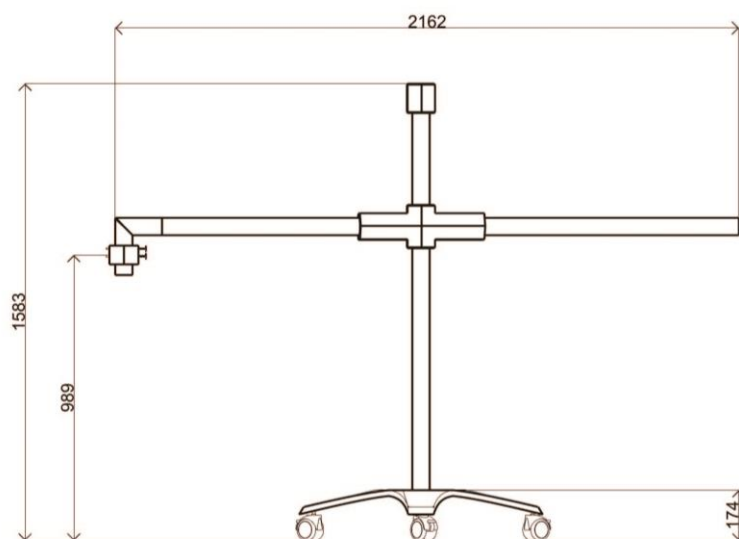


Obr. 6-3 rozměrové řešení modelu spektrometru ve třech pohledech, měřítko M 1:5

Model navrhovaného spektrometru má hlavní rozměry 350 x 270 x 192 mm. Jak lze vidět na bočním pohledu, zkosení na přední a zadní straně je různé, jak již bylo uvedeno dříve. Rozměry úchopů byly voleny podle ergonomických norem, přičemž z důvodu úchopu typu zaháknutí není třeba brát v potaz rozměr celé dlaně, ale pouze prsty. Ve střední části je tedy délka 105 mm

Hrany horního krytu byly zaobleny (3 mm v horní části a 2 mm ostatní hrany) a hrany bočních stěn byly zkoseny.

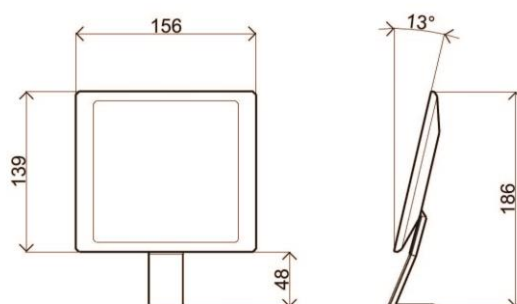
M 1:20



Obr. 6-4 rozměrové řešení manipulátoru, měřítko M 1:20

Výška vodorovného ramene manipulátoru je nastavitelná dle potřeb uživatele, avšak je omezena maximální výškou manipulátoru, která dosahuje přibližně 158 cm.

M 1:5



Obr. 6-5 rozměrové řešení dotykové obrazovky, měřítko M 1:5

Rozměry obrazovky byly voleny podle některých současných modelů na trhu. Velikost displeje tak zajišťuje čitelnost obsahu a obrazovka přitom svými rozměry příliš nenarušuje prostor horní plochy přístroje.

Rozměry modelu se odvíjí od parametrů vnitřního uspořádání, které bylo rozměrově a pozičně zachováno také podle modelu Alpha II od firmy BRUKER. Kryt přístroje tedy obklopuje minimální nutné parametry, které zajišťují správný chod zařízení. Přihlíženo bylo také k tloušťce stěn, aby byla zajištěna dostatečná ochrana citlivých vnitřních součástí, a přitom nebyla příliš navýšena hmotnost a rozměry přístroje.

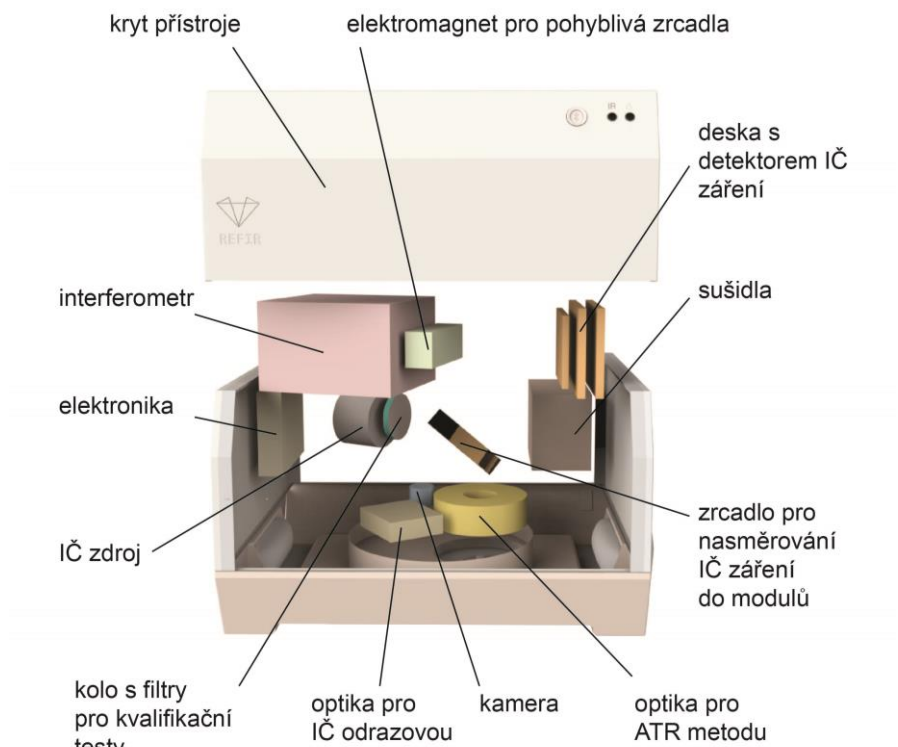
6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty

Spektrometr ukrývá většinu stěžejních komponent pod hlavním pláštěm. Z jejich uspořádání se navíc odvíjel i celkový tvar, materiály a rozměry přístroje.

Kromě samotného přístroje bylo v této práci počítáno i s dalším připojitelným příslušenstvím. Konkrétně zmíněný manipulátor a dotyková obrazovka. Obvykle se ke spektrometrům připojují i moduly jako mikroskop s krystalem a jiné, ale v případě tohoto modelu je krystal pro kontaktní analýzu součástí zařízení.

6.3.1 Vnitřní mechanismy

Jak již bylo zmíněno v rámci kapitoly Technická analýza, zařízení obsahuje řadu komponent potřebných ke správné funkci spektrometru. Na obrázku (obr. 6-6) lze vidět jejich schématické uspořádání a popis.



Obr. 6-6 schéma vnitřních mechanismů a komponent

Hlavní komponentou je interferometr, ke kterému se váže elektromagnet pro pohyb zrcadel. Zdrojem záření je IČ zdroj, proto uvnitř přístroje najdeme také detektor IČ záření.

V případě spektrometru navrhovaného v této práci, je část optické cesty vyvedena nasměrovanými zrcadly do spodní části. Tam je paprsek usměrněn do požadovaného vstupu podle zvolené metody. V případě analýzy ATR, tedy pomocí krystalu, je IČ zdroj parabolickými zrcadly naveden do samotného krystalu, odkud se paprsek opět odrazí a pokračuje přes zrcadla zpět do horní části zařízení, kde je detektor.

Pro odrazovou metodu je potřeba nasměrovat paprsek do soustavy zrcadel, čímž se dostane eliptickým otvorem na otočném válci až na samotný povrch vzorku, odkud se odrazí a podobně jako v případě ATR metody putuje k detektoru.

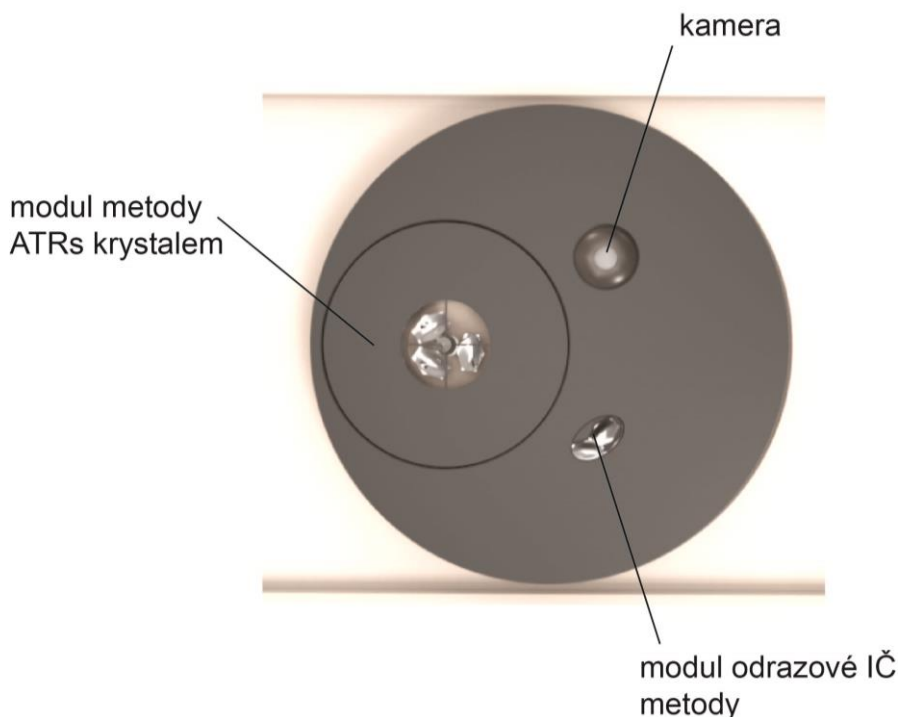
Součástí vnitřního prostoru je také otočné kolo s filtry pro kvalifikační testy přístroje a prostor se sušidly, která zamezují vysoké vlhkosti, která by mohla ovlivňovat chod přístroje.

Jelikož řada vnitřních komponent je napájena elektrickou energií, je součástí také elektronika, která je ukryta pod pláštěm na boční straně. Při návrhu úchytnů z vnější strany bylo s tímto uspořádáním počítáno, aby bylo zamezeno kontaktu.

Vzhledem k tomu, že až na výjimečné případy, kdy k obsluze uživateli stačí připojená dotyková obrazovka, je nezbytné připojit ke spektrometru počítač, bylo nutné vyřešit i samotné propojení. V úvahu přicházely klasické kabely, nicméně při manipulaci a samotném měření není tohle řešení uživatelsky komfortní, protože je tím omezena maximální možná vzdálenost od počítače a mohlo by dojít k zamotání. Proto je napájení řešeno pomocí napájecí baterie zabudované rovněž uvnitř přístroje. Výdrž baterie je u zařízení tohoto typu dlouhá a v případě nutnosti dobítí tak lze učinit pomocí připojení konektorem ke kruhovému výstupu na zadní straně přístroje. Propojení s počítačem je zprostředkováno pomocí Bluetooth. Přístroj obsahuje také malý wifi router, který umožňuje přenos dat.

6.3.2 Uspořádání funkční hlavy

Funkční výsuvný válec je rozdělen na jednotlivé části, které jsou znázorněny na obrázku (obr. 6-7). Kromě příslušenství dvou analyzačních metod je součástí i kamera, která je vhodná ve chvíli, kdy uživatel hledá cílový bod pro analýzu na rozměrném vzorku. Přes připojený monitor lze potom díky kameře vidět zvětšený povrch vzorku, stejně jako tomu bývá u mikroskopů. Ohnisko kamery, dopad paprsku IČ zdroje u odrazové metody i hrot krystalu leží na jedné kružnici, což zajišťuje přesné zacílení bodu, který uživatel zaměří pomocí kamery.



Obr. 6-7 pohled shora na funkční válec, popis jednotlivých částí

6.3.3 Manipulátor

Součástí příslušenství je i manipulátor, který zajišťuje polohu spektrometru nad pracovní plochou a zkoumaným vzorkem (obr. 6-8). Z důvodu, že spodní část je věnována funkční hlavě, není možné při analýze postavit přístroj na pracovní plochu. Při zkoumání uměleckých děl, jako jsou obrazy v rámech, by mohlo dojít ke znehodnocení vzorku, proto je žádoucí řešení v podobě mechanického ramene.

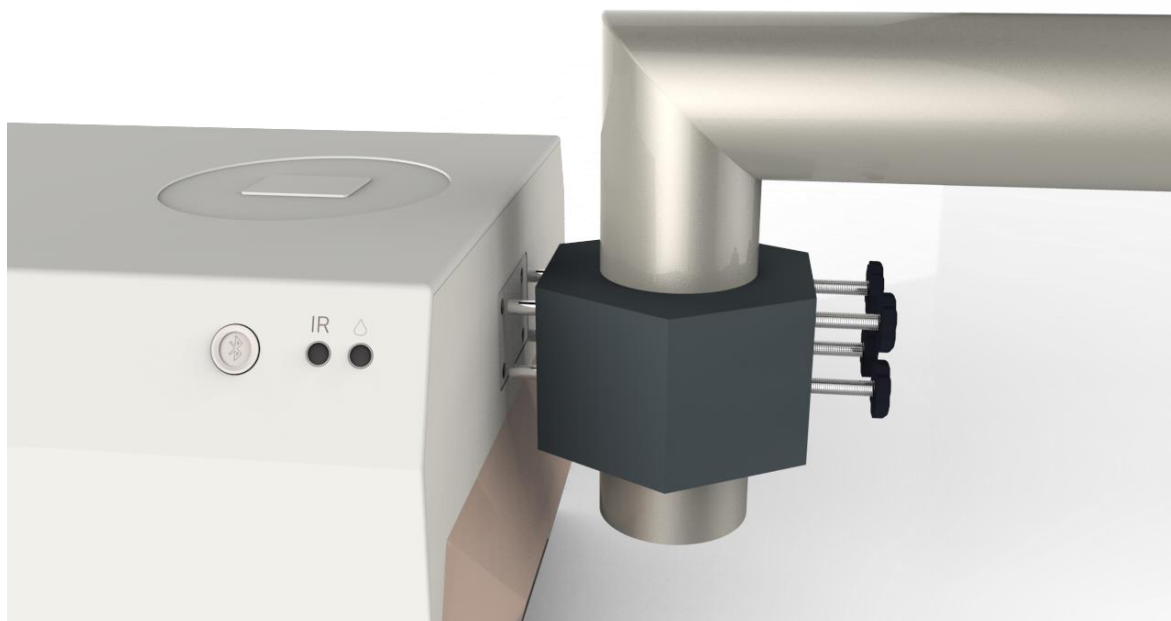
Hlavní funkcí manipulátoru je fixace spektrometru v pozici, kdy je spodní funkční plocha rovnoběžná s pracovní plochou se zkoumaným vzorkem. Výška i vzdálenost od stojanu jsou nastavitelné mechanicky a pro jemnější a přesnější přibližování je nastavitelnost motorizována. Především z důvodu, že ATR metoda s krystalem je kontaktní a správný přítlak je stěžejní pro správnost analýzy. Dále také proto, že ručně není snadné docílit posunu v řádech setin milimetru a při neopatrné manipulaci by mohlo dojít k poškození přístroje.



Obr. 6-8 manipulátor s připevněným modelem spektrometru

Manipulátor je sestaven z hlavního vertikálního stojanu o maximální výšce 158 cm, dále disponuje stojan kolmou osou s nástavcem pro připojení přístroje. Základna stojanu má vysokou hmotnost, jelikož je kovová, a to zajišťuje stabilitu celé konstrukce. Pohyb manipulátoru je umožněn kolečky, která lze zabrzdit a tím zajistit pozici konstrukce.

K přístroji je manipulátor připojen šroubovým spojem (obr. 6-9). Po odstranění krytky na boční stěně jsou přístupné otvory se závity, do kterých zapadají čtyři šrouby manipulátoru. K dotažení jsou určeny plastové úchyty na koncích šroubů.



Obr. 6-9 detail spoje manipulátoru a spektrometru



Obr. 6-10 použití manipulátoru při analýze rozměrného vzorku

6.3.4 Dotyková obrazovka

Pro urychlení a usnadnění analýzy vzorku je v některých případech možné využít přídavný displej (obr. 6-11 a obr. 6-12) namísto připojení celého počítače. Slouží to zejména pro rutinní analýzy, kde není potřeba zvláštní nastavení. Pro případ potřeby je tedy i součástí tohoto modelu modul k připojení obrazovky

Samotná dotyková obrazovka je otočná o celých 360 ° díky kruhové ploše, na které je upevněna. Možné je navíc i naklopení podle horizontální osy až o 90 °, což umožňuje nastavitelnost dle výšky uživatele.



Obr. 6-11 obrazovka připojená na horní ploše



Obr. 6-12 přístroj s připojenou obrazovkou v prostředí laboratoře

6.4 Materiálové řešení

Největší plochu přístroje představuje horní kryt, proto hlavním požadavkem na materiál této části byla odolnost vůči mechanickému i chemickému narušení povrchu, jelikož přístroj může přijít do styku s ostřejšími předměty, jako jsou například i některé části manipulátoru nebo chemikáliemi, které se v laboratořích nebo ateliérech mohou vyskytovat. Kryt je navíc obecně určen k tomu, aby vnitřní komponenty ochránil, proto je důležitá dostatečná pevnost. Povrchy přístroje bývají také čas od času čistěny a jelikož se pro tyto účely používá zejména isopropanol, musí být plast odolný i vůči této chemikálii, aby nedošlo k rozrušení vrstvy krytu.

Pro kryt přístroje byl tedy jako materiál zvolen plast, konkrétně ABS (obr. 6-13). Tento materiál je vhodný zejména vlastnostmi, jako je pevnost, houževnatost a odolnost vůči chemikáliím. Výhodou je i kvalita povrchu, protože se dobře barví a je příjemný na dotek. Bývá používán pro spotřebiče i v odvětví medicíny, proto byl zvolen i pro účely krytu spektrometru [31].

Krytová část z ABS se dále povrchově upravuje, konkrétně nástřikem barvy. To umožňuje různá barevná provedení a také ochranu povrchu přístroje.



Obr. 6-13 pláty ABS, materiál krytu přístroje [32]

Materiál pro spodní část byl volen opět s ohledem na odolnost, protože se jedná o nosnou část přístroje, která ukrývá většinu křehkých komponent a také přichází nejčasněji do kontaktu s pracovní plochou. Pro vhodné mechanické vlastnosti a přijatelnou cenu byl vybrán dural (obr. 6-14). Jedná se o slitinu hliníku a mědi (a dalšími příměsi), která má také poměrně nízkou hmotnost, jako je známo u čistého hliníku, ale oproti němu je až pětkrát pevnější. Je také chemicky odolný, což je v prostředí laboratoře a z hlediska údržby výhodou [33]. Estetickým přínosem zvoleného materiálu je odrazivost světla, což na pohled připomíná vlastnosti krystalu, a tím vzniká souvislost se samotnou ATR metodou.



Obr. 6-14 pláty duralu, materiál spodní části přístroje [34]

Kovová plocha pokračuje až nahoru k hraně plastového krytu. Tato boční část je ale jiné barvy než spodní, čehož je docíleno povrchovou úpravou. Dural byl eloxován (anodizován), což vytvořilo ochrannou vrstvu a umožnilo dále nabarvit. Materiál byl volen z důvodu nutné ochrany elektroniky pod povrchem a na opačné straně kvůli nástavci pro připojení manipulátoru.

Zespodu kovové části, v místě podpěrných noh, je přidána 2 mm vysoká vrstva gumy. Tyto pruhy chrání samotný přístroj i podložku. Díky vlastnostem gumy je zaručena i protiskluzovost, a to zvyšuje bezpečnost.

6.5 Technologie

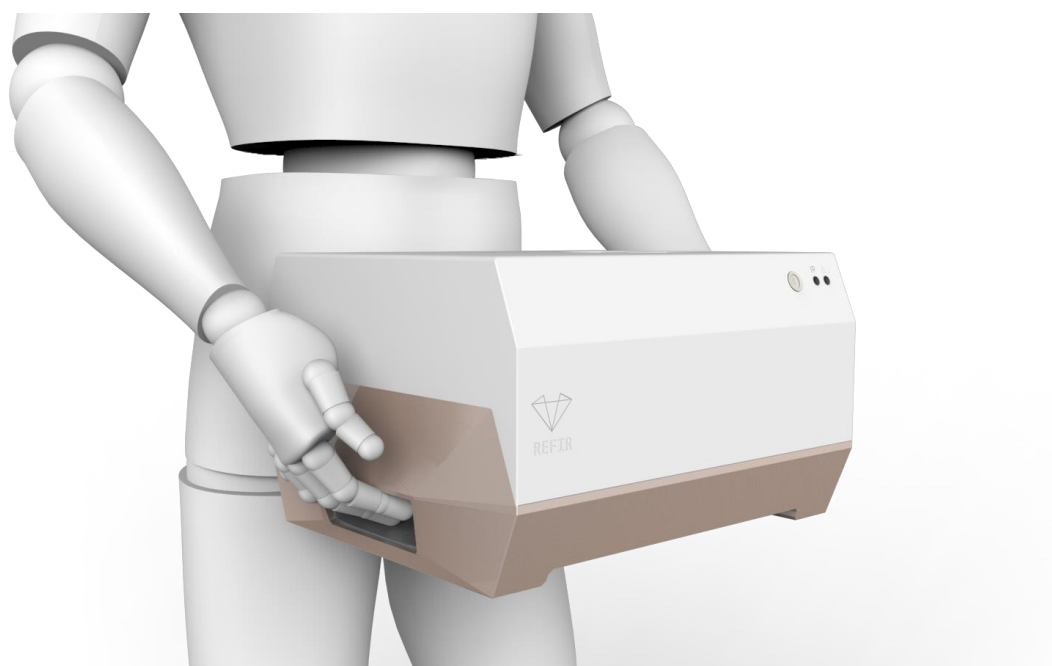
Vzhledem ke zvolenému materiálu horní části přístroje je vhodnou výrobní technologií vstřikování, jelikož umožňuje vysokou rozměrovou i tvarovou přesnost, což je v případě rozložitelnosti přístroje žádoucí [35]. Do krytu je pak možné vyvrtat otvory pro šrouby a ovládací prvky. Na horní ploše je také nezbytné vytvořit prostor kruhového tvaru pro připojení modulu dotykové obrazovky.

Duralovou část lze vyrobit tlakovým tvářením (lisováním) pomocí hydraulického lisu. Tvarování spodní kovové části je tvořeno ohýbanými plochami, což tato technologie také umožňuje.

6.6 Ergonomie

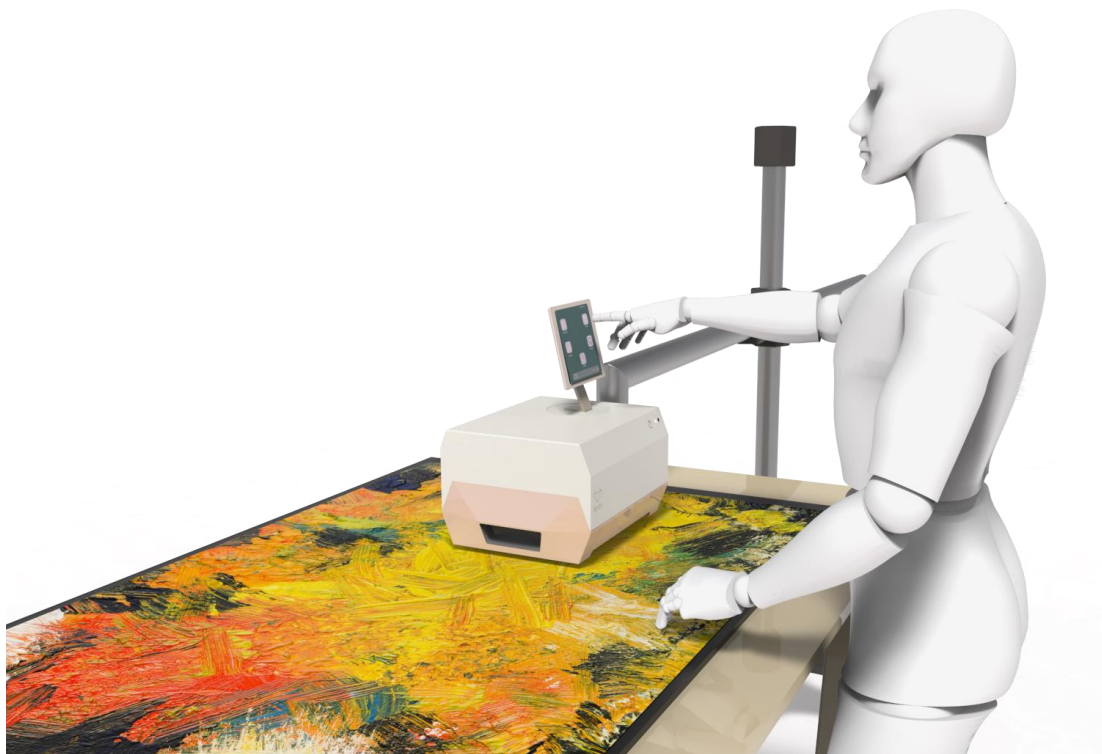
U tohoto modelu spektrometru se hlavní požadavky na správné ergonomické řešení týkají především manipulace s přístrojem a obsluhy. Stěžejní je tedy celkové tvarování přístroje, jeho dílčí části a příslušenství.

Pro komfort při přenosu přístroje byly vytvořeny již zmiňované úchyty po stranách, které jsou zevnitř vyplněny odnímatelnou silikonovou vložkou. Rozměry úchytů byly voleny podle P95, a protože se jedná o typ úchopu zaháknutí, není nezbytné vložit do prostoru celou ruku. Výklenky tedy slouží především pro jistější úchop, než jakého je možné dosáhnout u hladkých rovných stěn.



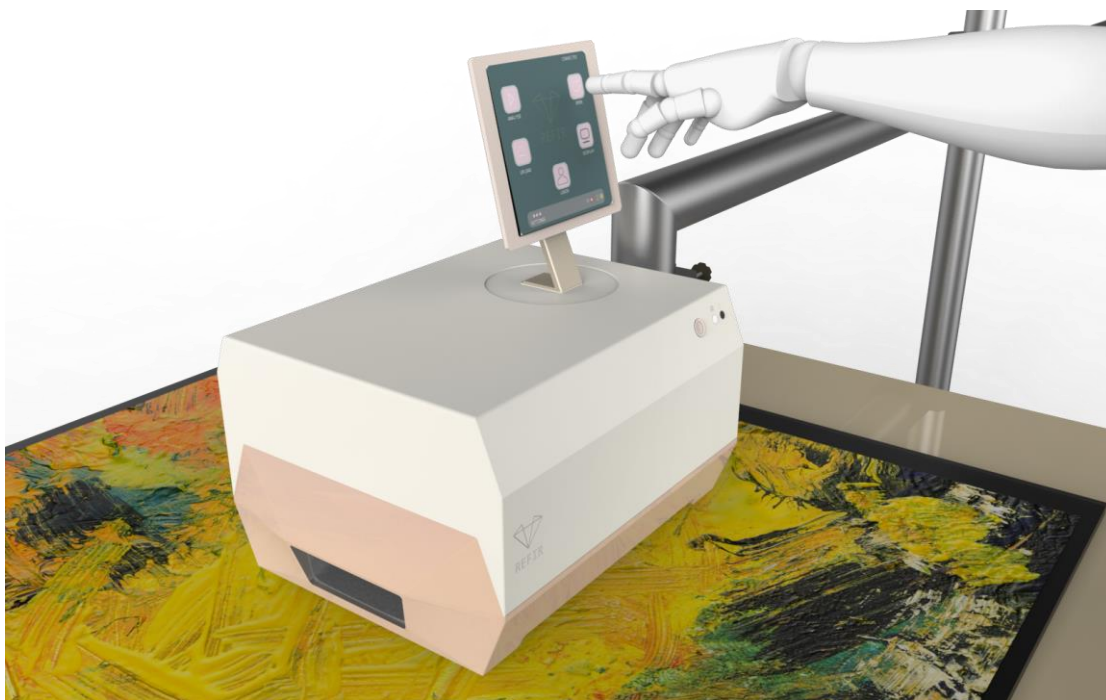
Obr. 6-15 model spektrometru v porovnání s lidským tělem

Jak lze vidět na obrázku (obr. 6-15), přístroj je kompaktní na přenos a delší stěny jsou hladké a bez výčnělků, což zajišťuje komfort při manipulaci. Díky úchopům na obou kratších stranách je zřejmé, za kterou část spektrometr uchopit.



Obr. 6-16 spektrometr při analýze rozměrného malířského plátna a model člověka obsluhující zařízení

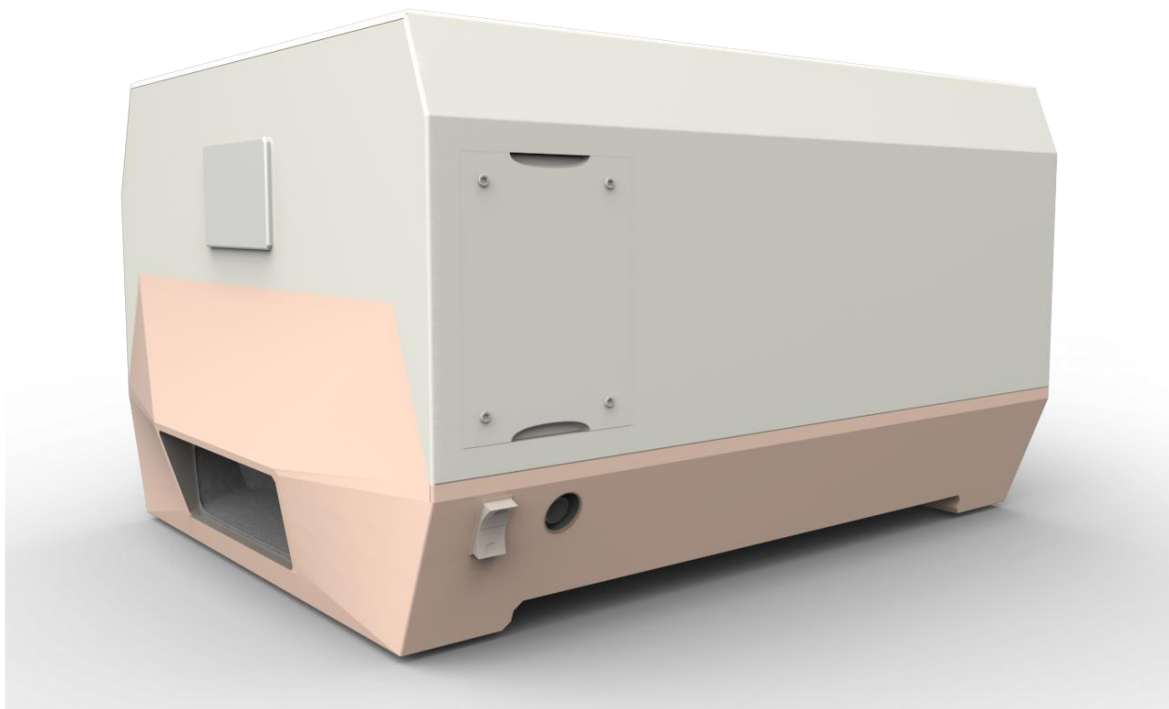
Jak bylo zmíněno, model spektrometru navrhovaný v této práci je cílen pro laboratoře, avšak je stejně dobře použitelný na místech jako jsou muzea, ateliéry a galerie. Díky nastavitelnému mechanickému rameni je přístroj ve výšce manipulační roviny uživatele a je tak možné přístroj komfortně obsluhovat (obr. 6-16 a 6-17).



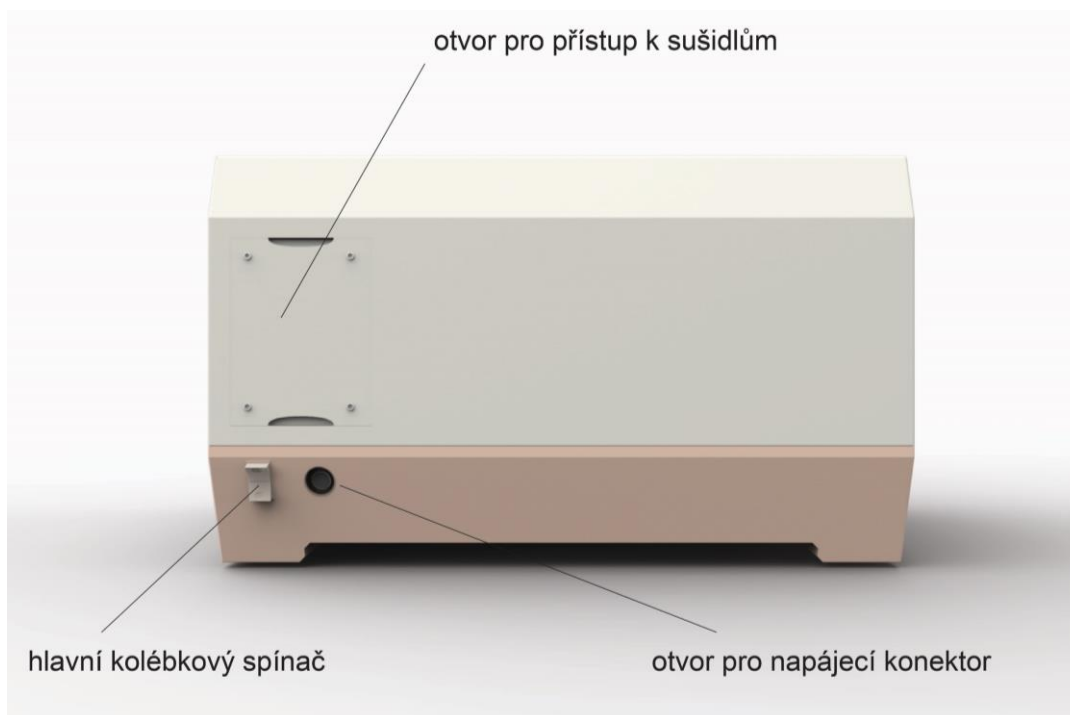
Obr. 6-17 detail ovládání dotykové obrazovky připojené k tělu přístroje

Dalším prvkem podléhajícím ergonomii jsou ovladače a sdělovače přístroje. Běžně se na spektrometrech tlačítka ani displeje nevyskytují, avšak pro pohodlnější a přehlednější obsluhu byly zařazeny.

Z tlačítek byl zařazen konkrétně kolébkový spínač na celkové zapnutí a vypnutí přístroje. Umístěn byl na zkosenou spodní hranu zezadu přístroje (obr. 6-18 a obr. 6-19).



Obr. 6-18 pohled na zadní stěnu přístroje s kolébkovým spínačem a otvorem pro sušidla



Obr. 6-19 popis ovladačů a otvorů na zadní stěně

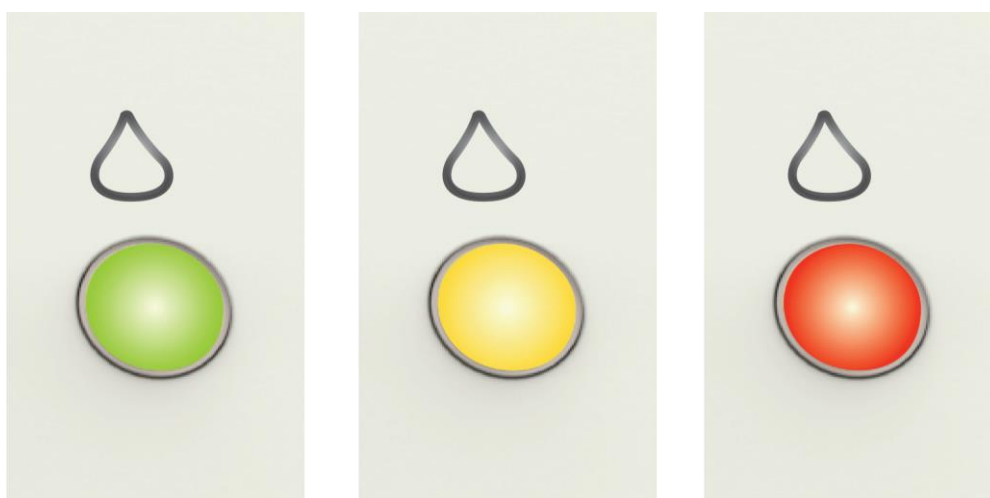
Dále bylo přidáno tlačítko na Bluetooth pro připojení k počítači bezdrátově. Tlačítko bylo umístěno na přední stěnu (obr. 6-20), aby bylo lépe dosažitelné a viditelné. Piktogram znázorňuje funkci tlačítka.



Obr. 6-20 detail ovladačů a sdělovačů přístroje na čelní zkosené stěně

Ze sdělovačů lze najít na přístroji dvě kontrolky (obr. 6-20). První informuje o stavu IČ zdroje. Kontrolka má dvě pozice – zhasnutou a rozsvícenou. V případě, že svítí, je zdroj světla v chodu a uživatel je informován o tom, že optická cesta uvnitř přístroje je v provozu. Když je kontrolka zhasnutá, IČ zdroj nesvítí. To může být důležitá informace v případě, že došlo k servisu nebo přenosu zařízení a uživatel chce mít kontrolu nad současným stavem.

Druhá znázorňuje míru vlhkosti v zařízení. Jak již bylo zmíněno výše, nadměrná vlhkost v přístroji může nepříznivě ovlivnit funkci, proto je potřeba tento parametr monitorovat. Pro intuitivnost je tato kontrolka znázorněna obrysem kapky. Za ideálního stavu, tedy nízké míry vlhkosti, svítí kontrolka zeleně. Žlutě se rozsvítí v případě, že se stav zhoršil a až dosáhne vlhkost vysoké míry, změní se barva kontrolky na červenou. Poté je potřeba vyměnit sušidla. Tyto barevné změny na kontrolce znázorňuje obrázek (obr. 6-21).



Obr. 6-21 barevná stádia stavové kontrolky vlhkosti

Obě kontrolky jsou znázorněny i v grafické podobě v programu používaném pro analýzu ať už na připojené obrazovce nebo na monitoru počítače. Aby byl ale uživatel o stavu přístroje informován rychleji, a i bez připojení počítače, byly sdělovače zařazeny přímo jako součást přístroje.

Z hlediska ergonomie byla také zohledněna místa, kde jsou otvory a jiné vstupy do zařízení. Jedná se zejména o dvě místa. Hlavní vstup k vnitřní části přístroje je zajištěn oddělovacím vrchním krytem. Ten je připojen pomocí šroubového spojení ke spodní a zaklesnutím do drážek k boční kovové části. Vzhledem k tomu, že dostupnost vnitřku zařízení je nezbytná pouze výjimečně, zejména v případech nutného servisu, není potřeba, aby bylo rozebrání rychlé a snadné, jako spíš pevné a spolehlivé.

Dalším místem, které umožňuje vstup do vnitřní části, je menší oddělená plocha na zadní straně přístroje. K okolní ploše plastového krytu je připojena šrouby. Tento otvor umožňuje vstup k prostoru se sušidly, aniž by musel být odstraněn celý kryt.

6.7 Bezpečnost a hygiena

Práce se spektrometrem se obecně neřadí mezi zdraví nebo život ohrožující činnosti. Riziko úrazu je sníženo na minimum díky možnosti využít bezdrátové řešení (nehrozí nechtěné zachycení se), zaobleným rohům a hranám a uzavřeností přístroje. Díky krytu jsou chráněny vnitřní komponenty i uživatel. Žádné z tlačítek není situováno tak, aby mohlo způsobit újmu uživateli nebo přístroji.

V laboratořích podléhá práce se spektrometrem normám daného prostředí a je důležitější pravidelná dezinfekce a údržba. Pro práci v galeriích či muzeích, kde není prostředí tolik sterilní, platí méně přísná pravidla hygieny, přesto je však z důvodu správné funkce a výdrži přístroje vhodné udržívat čistotu.

Spodní část s funkční hlavou je nejnáchylnější na kontakt s nečistotou. V případě krystalu a kamery je zároveň také největší riziko zhoršení kvality analýzy při kontaminaci nebo oděru. Z toho důvodu je válec pohyblivý a při nečinnosti je zasunut do těla přístroje. Také je možné přiklopit válec krytem, zejména při přenosu na delší vzdálenosti.

Silikonové výplně úchytů lze vyjmout, takže je možná výměna nebo samostatné čištění. Zbytek přístroje je možné čistit povrchově a jelikož je tvarování hladké, nečistota na povrchu tolik neulpívá.

6.8 Udržitelnost

Zařízení patří k nákladnějším položkám, což je dáno jednak zvolenými materiály, ale především komponentami uvnitř přístroje, které zajišťují chod a funkci spektrometru. Většina těchto prvků je dlouhotrvajících a nevyžadují výměnu, kromě sušidel, které je potřeba několikrát do roka vyměnit. Tomu je i přizpůsoben kryt přístroje, v němž je za tím účelem vytvořen otvor.

Další částí, která může čas od času vyžadovat zásah, je elektronika, jenž je umístěna hned pod krytem na boční straně. Po odstranění horního plastového krytu je ale dostupná. I spodní část, kde se nachází funkční hlavice s ATR krystalem, vývodem pro IČ odrazovou metodu a kamera, lze servisně opravit. Především část s krystalem, jelikož právě krystal může být neopatrným zacházením poškozen, případně být znečištěn, proto model umožňuje vyjmutí samotné krystalové podjednotky.

Zařízení je navíc s počítačem i se zdrojem internetového připojení propojeno bezdrátově, což znamená, že není zapotřebí kabelů, které se také časem ničí. Vzhledem k tomu, že obrazovka není součástí přístroje, ale je odpojitelná, její životnost neovlivňuje životnost samotného přístroje.

Po nevratném poškození nebo opotřebení lze z přístroje vyjmout jednotlivé komponenty a nepotřebné části odnést do sběrného dvoru. Celkově se dá tedy říct, že přístroj neobsahuje žádné prvky, které by byly spotřební a zatěžovaly životní prostředí kvůli časté výměně.

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

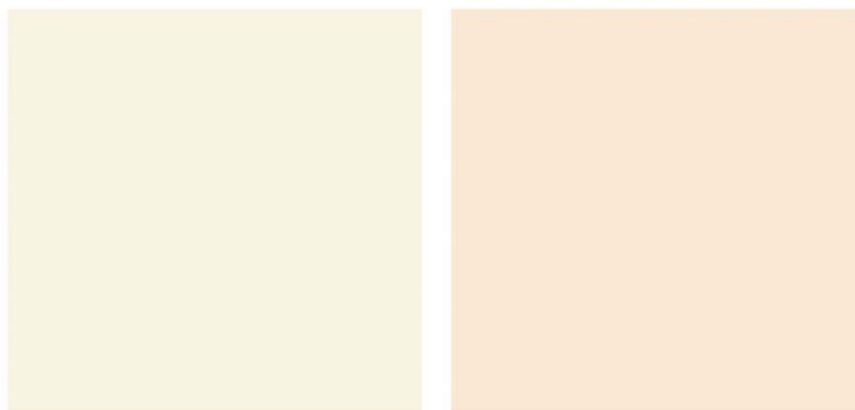
Vedle poměrně jednoduchého tvarování je přístroj navržen decentně i z hlediska barevnosti. Jednoduchost ploch narušují pouze kontrolky a tlačítko v přední části, logo a kolébkový spínač ze zadní strany. Použité piktogramy vycházejí z obvykle používaných typů pro dosažení intuitivnosti používání.

7.1 Barevné řešení

Jelikož se jedná o přístroj převážně určený do laboratorního prostředí, byla zachována světlá barevnost. Na druhou stranu je však škála využití širší, proto není bezpodmínečně nutné držet se pouze bílé, šedé a jejich odstínů. Horní a spodní část přístroje jsou odlišeny i barevně, přičemž pro spodní část byly voleny výraznější barvy, aby byla zdůrazněna.

7.1.1 Hlavní barevná varianta

Horní kryt je bílé barvy v teplejším tónu RAL 120-3 (obr. 7-1), stejně jako boční kovová stěna. Pro spodní část byla zvolena odlišná barevnost, aby se opticky oddělila. V hlavním návrhu se jedná o starorůžovou barvu RAL 150-5 (obr. 7-1), která vytváří dojem hravosti a tvořivosti, což se pro analýzu uměleckých děl hodí.



Obr. 7-1 barev hlavní barevné varianty (RAL 120-3, RAL 150-5)

Zvolený odstín spodní části zjemňuje vzhled celého přístroje, což způsobuje, že spektrometr působí příznivějším dojmem a méně jako složité laboratorní zařízení (obr. 7-2). K tomu zvolený odstín bílé vypovídá o technické stránce zařízení.



Obr. 7-2 hlavní barevná varianta

7.1.2 Barevná varianta I

Pro další barevnou variantu byly zvoleny o něco výraznější odstíny, konkrétně světle šedá RAL 210-2 (7-3) pro kryt a boční kovovou část přístroje a pastelově žlutá RAL 280-1 (obr. 7-2) pro spodní a úchyťovou boční část. Tato kombinace byla vybrána především z důvodu, že přístroj není určen výhradně do laboratorního prostředí, tudíž není nutné držet se velmi světlých a nenápadných barev, jak je typicky u přístrojů tohoto typu zvykem. Žlutá barva je navíc poměrně výrazná, a tak není v prostředí snadno přehlédnutelná, což chrání před nechtěným kontaktem s přístrojem, jenž je zrovna připojen k manipulátoru a zasahuje do prostoru. K docílení pro oči příjemnější kombinace byl k odstínu žluté zvolen teplejší odstín šedé.



Obr. 7-3 vzorník barev pro barevnou variantu I (RAL 210-2, RAL 280-1)

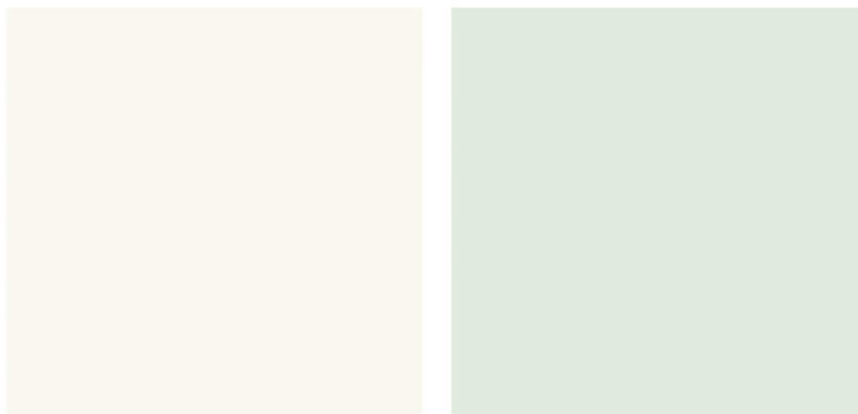
Žlutá v kombinaci s šedou navíc působí odlehčenějším a veselejším dojmem, což je pro analýzu obrazů a jiných uměleckých děl vyhovující (obr. 7-4). Zároveň je dodržena určitá světlost přístroje, což je v souladu se zažitými standardy, proto je na první pohled zřejmé, že se jedná o přístroj.



Obr. 7-4 barevná varianta I, spíše pro použití mimo laboratoř

7.1.3 Barevná varianta II

Jako další možná barevná varianta modelu spektrometru byla zvolena kombinace bílé RAL 120-2 (obr. 7-5) a světle modré RAL 210-5 (obr. 7-5). Tyto odstíny jsou opět velmi světlé a jemné, což je vhodné jak pro prostředí laboratoře, tak pro jiné, více umělecké a méně vědecké, prostředí. Odstíny modré jsou obecně poměrně častou volbou u přístrojů, proto se hodí i k návrhu tohoto modelu. Odstín bílé pro kryt je o něco světlejší a studenější než u hlavní barevné varianty, a to především proto, že je kombinován s odstínem modré, která je považována za studenou barvu.



Obr. 7-5 vzorník barev pro barevnou variantu II (RAL 120-2, RAL 210-5)

Barevná kombinace této varianty (obr. 7-6) navíc evokuje čistotu, která se objevuje i u diamantu a krystalů obecně. Tím je propojen design přístroje s jeho komponentami a tvarem.



Obr. 7-6 barevná varianta II, vhodná do laboratoře

7.1.4 Barevná varianta III

Další možnou barevnou variantou je kryt bílé barvy RAL 120-3 (obr. 7-7) se spodní částí v tmavě šedé barvě RAL 770-6 (obr. 7-7). Tato poměrně klasická kombinace barev tvoří univerzální barevnou variantu pro model spektrometru. Je tak možné jej využít v jakémkoliv prostředí.



Obr. 7-7 vzorník barev pro barevnou variantu III (RAL 120-3, RAL 770-6)

Spodní část je tmavší než u předchozích variant, což opticky uzemňuje přístroj (obr. 7-8). Spektrometr také díky těmto barvám působí techničtější dojmem.



Obr. 7-8 barevná varianta III, univerzální použití

7.2 Grafické řešení

U grafického řešení designu stolního spektrometru bylo snahou podtrhnout tvar a klíčovou funkci zařízení. Vzhledem k celkové jednoduchosti designu přístroje je i logo a další grafické prvky (piktogramy u ovladačů a sdělovačů) tvořeny lineárními tvary.

7.2.1 Návrh loga

Tvar loga spektrometru (obr. 7-9) vychází ze schématického tvaru diamantu. To z důvodu, že jednou z analyzačních metod je právě metoda využívající krystal tvaru broušeného diamantu.

Dalším důvodem volby právě takového tvaru je snaha graficky znázornit hlavní část přístroje. Zúžující se tendence navádí pozornost do spodní části, která je pro přístroj stěžejní. Mimo obrys diamantu s chybějící horní vodorovnou křivkou lze vidět také dva trojúhelníky vzájemně zrcadlově orientovány. To symbolizuje dvě metody, které přístroj využívá pro analýzu vzorků.

Ostré a lámané křivky navíc představují lom světla, na jehož principu stojí obě metody - paprsek IČ zdroje se odrazem od zrcadel dostává ke vzorku a poté do detektoru.



Obr. 7-9 logo navrhovaného modelu

Název REFIR vychází ze slov definujících navrhovaný přístroj. První tři písmena (REF) jsou ze slova reflection (reflexe), tedy odraz. To je charakteristické pro princip, na kterém zařízení funguje. Poslední dvě písmena (IR) značí zkratku pro infračervený zdroj, který je v přístroji použit. Název lze tedy vnímat jako složeninu více slov, i jako samostatné slovo.

Pro účely loga byl zvolen font Consolas (obr. 7-10) ve verzálkách. Především z toho důvodu, že se jedná o bezpatkové písmo a rovné tahy jednotlivých písmen ladí s rovnými obrysy přístroje i se křivkami loga.

REFIR
REFIR
REFIR
REFIR

Obr. 7-10 font Consolas ve všech řezech



Obr. 7-11 aplikace loga na kryt přístroje

Pro účely samotného modelu spektrometru bylo logo aplikováno na přední kolmou stěnu (obr.7-11). Do povrchu bylo vygravírováno, takže se nejedná pouze o plochý nápis, ale je vytvořen reliéf. Tím není narušena barevnost modelu.

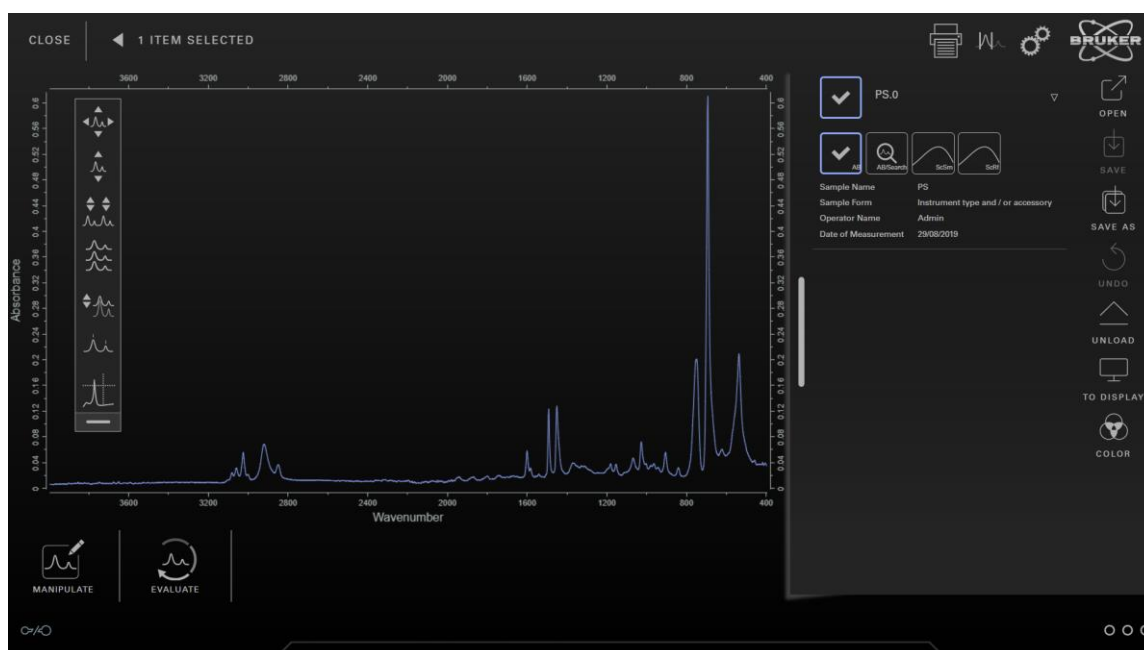
Rozměr loga na modelu je 30 x 32 mm, takže je čitelné i z větší vzdálenosti, přičemž díky tenkým liniím nepůsobí rušivě.

7.2.2 Grafické rozhraní obrazovky

Hlavními požadavky grafiky připojitelné dotykové obrazovky jsou přehlednost a jednoduchost. Tohle záložní ovládání při rutinním měření má totiž plnit roli jednodušší varianty pro uživatele. Navíc při dotykovém displeji je žádoucí, aby byly ikony větší a zřetelné.

Jak dotyková obrazovka, tak displej připojeného počítače nabízí možnosti nastavení měření, vyhodnocování, práci se soubory a mimo jiné také zobrazuje kontrolky, které jsou i fyzicky na přístroji.

Na obrázku (obr. 7-12), je vzhled současného grafického rozhraní v SW OPUS, používaného k analýze vzorků. Na obrázku je displej připojené dotykové obrazovky. Lze nastavit tmavý a světlý mód zobrazení. Vyobrazený displej znázorňuje podobu grafického rozhraní při analýze vzorků.



Obr. 7-12 grafické rozhraní současné dotykové obrazovky modelu Alpha II (Bruker)

Pro model spektrometru REFIR bylo navrženo grafické rozhraní připojitelné dotykové obrazovky (obr. 7-13). Nejedná se o grafiku displeje při samotné analýze, ale o úvodní obrazovku po zapnutí přístroje.



Obr. 7-13 grafické rozhraní dotykové obrazovky modelu REFIR

Design obrazovky byl volen v souladu se zbytkem přístroje. Součástí pozadí úvodní grafiky je i logo přístroje. Rozměry ikon byly voleny tak, aby byly snadno dosažitelné dotykem na obrazovce. Piktogramy vycházejí z původního grafického rozhraní ze SW OPUS.

Na displeji jsou znázorněny také obě kontrolky, které mají stejnou podobu jako na přístroji a jsou umístěny v pravém dolním rohu. Nahoře v pravém rohu je informace o připojení k přístroji.

8 DISKUZE

Součástí bakalářské bylo proniknutí do problematiky FTIR spektrometrů a na základě rešerše současného stavu poznání a technické analýzy navrhnout inovativní model. Požadavky na tento nový přístroj byly především tvarování v souladu s funkcí a ergonomií. Přidanou hodnotou je umístění analyzační hlavice, která navíc obsahuje dva moduly a kameru, což se u současných spektrometrů neobjevuje. Tato inovace vyžadovala lehké přeorganizování umístění vnitřních komponent, ale celkové rozměry to výrazně neovlivnilo.

8.1 Psychologická funkce

Jelikož je přístroj navrhován také do externích prostor mimo laboratoř, kde se nachází umělecká díla, bylo snahou navrhnout jej do určité míry nadčasově, aby do prostředí zapadal, ať už se jedná o jakýkoliv interiér. Rovné plochy stěn, které mají větší zdobené pouze z boku, kde se nachází úchyty, působí neutrálně a čistě. Materiál i barva byly voleny tak, aby nebyla pozornost uživatele příliš strhnuta na samotné zařízení a nebyla upozaděna funkčnost. Světlé odstíny navíc napovídají, že se jedná o laboratorní zařízení.

Ovladače a sdělovače byly navrženy tak, aby byly snadno dostupné, pokud to funkce vyžaduje a zároveň nepřekážely svým umístěním ani rozměry. Díky připojitelné obrazovce má navíc uživatel možnost volby, pro jaký druh technologie se při vyhodnocování analýzy rozhodne.

Díky integrované kameře, v rámci výsuvného válce ve spodní části, je možné lépe sledovat pohyb zařízení nad vzorkem a najít cílový bod pro analýzu. Manipulátor, ke kterému lze spektrometr připojit, navíc usnadňuje práci a umožňuje polohovat zařízení dle potřeby. Pro pohyb analyzačních modulů o velmi malé vzdálenosti lze využít nastavitelnost válce, jenž je řízen počítačem.

8.2 Sociální funkce

Vzhledem k minimalizaci ovládacích prvků a jednoduchému tvaru nepůsobí přístroj náročně ani složitě, což umožňuje přiblížení laboratorního zařízení i laikům. Po pochopení problematiky spojené se samotnou spektrometrií a analýzou vzorků, případně vyhodnocováním výsledků, a zaškolení jej tedy může použít kdokoli. Oproti rozměrným přístrojům s mnoha ovládacími prvky a kabely je tento navrhovaný model uživatelsky dostupnější. Kromě manipulátoru použitelného zejména pro analýzu rozměrnějších vzorků není vyžadována ani zvláštní technika, proto využití přístroje není nijak vázáno na podmínky pracoviště.

Spojení dvou analyzačních metod do jednoho přístroje usnadňuje práci uživatele a není proto potřeba vyměňovat zařízení nebo být omezen pouze na jednu techniku. Integrace kamery, baterie a wifi routeru navíc limituje počet potřebného příslušenství mimo samotný přístroj a snižuje riziko, že uživatel některou součást ztratí nebo zapomene.

8.3 Ekonomická funkce

Při pořizování přístroje tohoto typu se obvykle s vyšší cenou počítá, proto není ani v tomto případě omezující. Tento konkrétní model navíc nabízí inovativní přístup a originální provedení a není v současné době možné jej nahradit jediným zařízením. Dá se tedy říct, že šetří náklady i prostor, jelikož v jednom kompaktním přístroji je obsaženo totéž, co v současné době zastane jeden spektrometr s příslušenstvím, případně navíc připojitelný modul (jako například mikroskop).

Výrobní náklady nejsou vysoké v případě výroby krytu, ale většina vnitřních komponentů spadá do vyšší cenové hladiny. Především proto, že se jedná o specializované součásti, které musí být vyrobeny kvalitně a přesně, aby přístroj fungoval. Na druhou stranu ale není poté nutné jednotlivé komponenty často měnit nebo opravovat. Materiál krytu, jímž je ABS, je navíc recyklovatelný, takže mimo vysokou odolnost je výhodou i možnost zužitkování po tom, co přístroj doslouží.

8.4 Marketingová analýza

Z hlediska marketingu a poptávky na trhu lze říct, že navrhovaný model má velký potenciál na uplatnění, jelikož dosud neexistuje (alespoň podle provedené rešerše) model stejného typu. Výhody, jak ukazuje i levá horní část SWOT analýzy (obr. 8-1), jsou přitom prospěšné pro širokou škálu potenciálních zákazníků, proto je na místě úsudek, že by přístroj zaplnil mezeru na trhu. Jedná se navíc z větší části o inovativní přístupy a řešení, tudíž není možné tuto kombinaci nalézt u konkurenčních produktů.

Mezi slabší stránky přístroje, které jsou uvedeny v pravé horní části tabulky, patří zejména aspekty související právě s inovativností, jelikož nebyly dříve řešeny. Především se jedná o rizika nového uspořádání vnitřních komponent a potřeby dalšího příslušenství.

Jako příležitost pro tento produkt, které jsou uvedeny v levém dolním rohu tabulky, je stěžejní zejména zmíněná mezera na trhu a skutečnost, že konkurenční přístroje nenabízí stejné možnosti při analýze vybraných vzorků. S rychlým technologickým vývojem je navíc přínosné i hledání nových mechanismů a možností v rámci tradičně používaných zařízení. Časem by tak mohl být optimalizován i pohyb spektrometru bez nutnosti připojení manipulátoru.

Mezi hrozby, které by mohly negativně ovlivnit místo navrhovaného produktu na trhu je možný nástup konkurence nebo změna preferencí cílové skupiny. Vzhledem k tomu, že je přístroj prvním svého druhu, není vyloučeno, že drobné úpravy a změny by vytvořily konkurenci. Další z hrozeb uvádí pravá dolní část tabulky (obr. 8-1).

<p>sloučení dvou metod</p> <p>možnost analýzy rozměrných vzorků</p> <p>kompaktní rozměry s možností úchopu</p> <p>bezdrátové připojení</p>	<p>nákladnost</p> <p>nesoběstačnost (manipulátor)</p> <p>více křehkých komponent</p> <p>životnost omezena vnitřními mechanismy</p>
<p>nové technologie</p> <p>mezera na trhu</p> <p>specializovanost přístrojů</p> <p>potřeby uživatelů</p>	<p>zákaznické preference</p> <p>nástup konkurence</p> <p>kurz měny</p> <p>přístup k novým technologiím</p>

Obr. 8-1 SWOT analýza

8.5 Cílová skupina

Cílovou skupinou jsou v první řadě pracovníci laboratoří, případně i výše zmíněných institucí (galerie, muzea, laboratoře). Přístroj je tedy vhodný jak pro obrazárny, muzea s rozměrnými exponáty, tak i pro jiná výzkumná pracoviště, kde se FTIR spektrometry používají. Společným benefitem pro uživatele různých druhů je kombinace dvou metod v rámci jednoho zařízení a kompaktní rozměry. Při analýze vzorků menších, než je podstava modelu je možné spektrometr položit na pracovní plochu a zkoumaný objekt umístit pod analyzační hlavici.

8.6 Cenová hladina

Jak již bylo zmíněno dříve, cena stolních spektrometrů se obvykle pohybuje od 500 000,- Kč do 1 000 000,- Kč. Avšak po přidání druhého analyzačního modulu, kamery a možnosti připojit dotykovou obrazovku a napojit manipulátor, se cenová hladina zvýšila. Odhad ceny FTIR spektrometru REFIR sahá k horní uvedené hranici, tedy okolo 1 000 000,- Kč. Vzhledem ke specializovanosti přístroje a předpokladu malosériové výroby lze říct, že i vyšší cena je v případě takového zařízení přijatelná.

9 ZÁVĚR

Hlavním stanoveným cílem pro tuto práci byl návrh stolního FTIR spektrometru a možná výměna jeho modulů pro analýzu vzorků. Jelikož se jedná o laboratorní zařízení, které funguje na fyzikálních principech, bylo nezbytné nastudovat řadu informací o jeho funkci, vnitřních komponentách a možných změnách. Celkový návrh tvaru, materiálů i inovativních prvků musel být v souladu s funkcí zařízení, uspořádáním jeho komponent a také ergonomií.

Po proniknutí do problematiky bylo přistoupeno k rešerši a průzkumu trhu. Z designerské analýzy vyšlo najevo, že v současné době trh nenabízí FTIR spektrometr, který by sám o sobě poskytoval více než jednu analyzační metodu, aniž by bylo nutné připojit nebo vyměnit modul, nelze pohodlně měřit vzorky větších rozměrů a mnohdy není tvar přizpůsoben komfortnímu úchopu při přenosu. Také byly nalezeny společné znaky většiny existujících modelů. Těmi byl zejména podobný tvar (kvádr), minimální počet ovladačů a sdělovačů a v neposlední řadě i světlé odstíny barev.

Z průzkumu současné nabídky trhu a již existujících modelů vzešlo několik podnětů pro zlepšení. Hlavním inovativním řešením je kombinace dvou analyzačních metod (kontaktní ATR za použití krystalu a bezkontaktní odrazová IČ metoda), což zajistilo možnost analyzovat vzorky dvojím způsobem bez nutnosti výměny přístroje nebo modulu. Tato funkční část byla umístěna na spodní plochu přístroje. To umožnilo měření rozměrných, horizontálně situovaných, vzorků. Kvůli umístění funkční hlavice do spodní části přístroje bylo nutné také navrhnout manipulátor, který drží přístroj ve stabilní poloze nad vzorkem po dobu měření. Vzhledem ke kompaktním rozměrům (350 x 270 x 192 cm) a poměrně nízké hmotnosti (do 10 kg) je možné připojit spektrometr k většině mechanických ramen nebo stojanů, které jsou běžně k dostání. Kompaktnost také dovoluje snazší přenos, ke kterému jsou navíc přizpůsobeny úchopy na bocích přístroje.

Pro jednodušší orientaci na vzorku byla integrována kamera, která je jednou ze tří komponent na funkčním válci. Celý tento válec je výsuvný, což umožňuje jednak korigovat přitlak krystalu ke vzorku, a jednak chrání citlivé součásti před oděrem a nárazem při manipulaci. Samotný dílčí modul s krystalem je možné polohovat nezávisle na zbytku funkční hlavice, a také jej z přístroje vyjmout, což je vhodné zejména při nutnosti výměny nebo údržby krystalu.

Celé vnější krytování přístroje je tvořeno dvěma hlavními částmi – horní a spodní, funkční hlavice a dvojího příslušenství. Vrchní část je plastový kryt, na kterém je umístěno jedno tlačítko pro připojení Bluetooth, dva sdělovače (kontrolka chodu IČ zdroje a stavová kontrolka vlhkosti) a vstup k vnitřní části se sušidly ze zadní části. Tento kryt je možné sundat, především z důvodu nutnosti přístupu k vnitřním komponentám. Přístroj obsahuje i vlastní wifi router, baterii, kterou lze dobíjet připojením konektoru a komunikace s počítačem je umožněna přes Bluetooth. Veškerá elektronika je uvnitř přístroje a je dostupná taktéž po sundání horního krytu.

Druhou částí je dolní kovová část, která po bocích vybíhá k horní hraně. Tato část obsahuje i otvory pro úchyty, hlavní spínač a vstup pro konektor na zadní stěně a zespodu kruhový otvor pro funkční válec. Na jedné z bočních stěn je plocha s otvory se závity, což je prostor pro připojení k manipulátoru.

Kromě hlavního přístroje bylo navrženo i příslušenství – zmiňovaný manipulátor a dotyková obrazovka, která v některých případech nahrazuje funkci počítače, který je nutný pro analýzu. V rámci této obrazovky bylo navrženo i její grafické rozhraní.

Přístroj byl navržen v jedné hlavní barevné variantě a třech dalších možných. Grafický návrh loga, název samotný i celkový design přístroje má připomínat odraz světla a krystal (jelikož právě krystal je použit u jedné z analyzačních metod), jeho rovné plochy a určitou ostrost.

Mezi hlavní přínosy spektrometru REFIR patří inovativnost technické stránky přístroje, kterou je kombinace dvou analyzačních modulů a integrace kamery, usnadnění úchopu, možnost připojení k manipulátoru a bezdrátové řešení napájení, připojení k internetu i dalšímu příslušenství.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] The first fourier transform infrared spectrum was. In: *Course Hero* [online]. The University of Newcastle, s. 15 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.coursehero.com/file/p1aaq2g/The-first-Fourier-transform-infrared-spectrum-was-produced-in-1949-Peter/>
- [2] Digilab history. *Digilab: Sample Science Solutions* [online]. 2017 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://www.digilabglobal.com/history>
- [3] Digilab Excalibur Series FTIR Spectrometer. In: *ResearchGate* [online]. [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Digilab-Excalibur-Series-FTIR-Spectrometer_fig14_337012874
- [4] VERTEX Series: Advanced Research FTIR Spectrometers [online]. 2018, , 7 [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: https://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/OpticalSpectroscopy/FT-IR/VERTEX/Brochures/VERTEXseries_Brochure_EN.pdf
- [5] Vertex 70v. In: *Bruker* [online]. 2020 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: <https://www.bruker.com/es/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/ft-ir-research-spectrometers/vertex-series/vertex-70v.html>
- [6] Vertex 80. In: *Bruker* [online]. 2018 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: https://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/OpticalSpectroscopy/FT-IR/VERTEX/Brochures/VERTEXseries_Brochure_EN.pdf
- [7] *Opton Laser* [online]. France [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.optonlaser.com/Bacteriology>. Edited by John Mosley. Preliminary edition. London: Routledge, 1987, 1(1). ISSN 0051-3772. Vychází 12x ročně.
- [8] Spectromètres FTIR compacts. In: *Opton laser* [online]. 2020 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: <https://www.optonlaser.com/produit/spectrometres-ftir-compacts>
- [9] FTIR Spectroscopy. *Kaplan Scientific* [online]. [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: https://kaplanscientific.nl/ftir_spectroscopy/
- [10] Cary 630 FTIR Spectrometer. In: *Kaplan scientific* [online]. 2020 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: <https://kaplanscientific.nl/product/cary-630-ftir-spectrometer/>
- [11] 5500 Series Compact FTIR. In: *Kaplan scientific* [online]. [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://kaplanscientific.nl/product/5500-series-compact-ftir/>
- [12] Thermo Fisher Scientific [online]. [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.thermofisher.com/cz/en/home.html>.
- [13] Nicolet™ iS™ 10 FTIR Spectrometer. *Thermo Fisher Scientific* [online]. [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/IQLAADGAAGFAHDMAPC#/IQLAADGAAGFAHDMAPC>

- [14] *Shimadzu: Excellence in science* [online]. Shimadzu Europa [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.shimadzu.cz/>
- [15] IRTracer-100 - FTIR Spectrophotometer. In: *AZO materials* [online]. 2020 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: <https://www.azom.com/equipment-details.aspx?EquipID=3575>
- [16] *Perkin Elmer: For the Better* [online]. USA: Perkin Elmer [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: https://www.perkinelmer.com/corporate/what-we-do/markets?utm_source=Google&utm_medium=cpc&utm_campaign=BRD-FTB-2020-GLO-DG-PPC-ZZ-GAW&sfid=7013A000002XgUq&LS=PPC&adgroup=98288927165&ad=430507815782&keyword=perkin%20elmer&gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-ARIsAGM48bx36-ldLcNI8515wSddcUP7I-Td8gDflcL9RyyIOanow1xHpNQpb3UaAr4nEALw_wcB
- [17] Spectrum 3 MIR/NIR/FIR Spectrometer. In: *PerkinElmer: For the Better* [online]. [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <https://www.perkinelmer.com/product/spectrum-3-nir-mir-fir-std-dtc-fir-dtgs-11280127>
- [18] *Jasco* [online]. [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://jascoinc.com/>
- [19] FT/IR-4000 Series of FTIR Spectrometers. In: *Jasco* [online]. [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://jascoinc.com/products/spectroscopy/ftir-spectrometers/models/ftir-4000-series/>
- [20] Contactless Analysis of Paintings with FTIR Spectroscopy: Instrumentation. In: *AZO materials* [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=15230>
- [21] Spektrometry. In: *OptiXs* [online]. [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://www.optixs.cz/spektrometry-29k>
- [22] Spectro CS. *Spectro CS* [online]. [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.spectro.cz/>
- [23] Spektrometr. In: *Oneindustry* [online]. 9.7.2019 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.one/lexikon/spektrometr/>
- [24] Infračervená spektroskopie. In: *Faculty of science: Charles University* [online]. [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/analchem/pprakt/ftir.pdf>
- [25] ALPHA II: QuickSnap™ Sampling Modules for ALPHA II. In: *Bruker* [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/infrared-and-raman/ft-ir-routine-spectrometer/alpha-ii-compact-ft-ir-spectrometer.html>
- [26] KRÁLOVÁ, Magda. Infračervené záření. In: *Techmania Science Center: Eduportál* [online]. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektromagneticke-vlny/infracervene-zareni>
- [27] KOPLÍK, Prof. Dr. Ing. Richard. Infračervená spektrometrie. In: *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: https://web.vscht.cz/~koplikr/IR_4.pdf

- [28] Working principle of Fourier transform. In: *ResearchGate* [online]. [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Working-principle-of-Fourier-transform-infra-red-spectrometer-Infra-red-IR-spectra_fig2_319135784
- [29] Guide to Infrared Spectroscopy. In: *Bruker* [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/infrared-and-raman/ft-ir-routine-spectrometer/what-is-ft-ir-spectroscopy.html>
- [30] PÁSZTOR, Ján. UTB - DNS laboratorní přístroje a měřicí technika 19/2019 - FTIR spektrometr. Praha, 2019.
- [31] Zpracovávané materiály: ABS. *Fatra profily* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.fatra-profil.cz/zpracovavane-materialy/> Dural. *Oehling* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.oehling.cz/dural>
- [32] 5pcs ABS Styrene Plastic Flat Sheet Plate 0.5mm x 200mm x 250mm White. *Amazon* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Styrene-Plastic-Sheet-Plate-0-5mm/dp/B07G113TC8>
- [33] Sto let od vynálezu duralu: Duralový plech 1,6 x 30mm. *Technický týdeník* [online]. 2006 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/sto-let-od-vynalezu-duralu_12263.html
- [34] Stavební materiál: Duralový plech 1,6 x 30mm. *RC servis* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://2114988612.s1.eshop-rychle.cz/Hlinik-a-dural-c11_185_2.htm
- [35] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. distribuce publi.cz, 2016 [cit. 2021-5-18]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

ABS	akrylonitril-butadien-styren
ATR	zeslabená úplná odrazivost
BMS-c	Li-on baterie s negativním nábojem
DRIFT	difúzní odrazivost, infračervený, F. transformace
FFT	rychlá Fourierova transformace
FIR	vzdálená infračervená oblast
FTIR	Fourierova transformace, infračervený
Ge	germanium
ICP	induktivně vázané plazma
IČ	infračervené
KBr	bromid draselný
Kč	koruny české
Kg	kilogram
LED	elektroluminiscenční dioda
LN ₂	kapalný dusík
m	metr
mm	milimetr
MIR	blízká infračervená oblast
μm	mikrometr
NaCl	chlorid sodný
NIR	střední infračervená oblast
ONH	analyzátory kyslíku, dusíku a vodíku
s	sekunda
SiC	karbid křemíku
ZnSe	selenid zinečnatý
UV/VIS	ultrafialová/viditelná oblast

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Excalibur Series of Spectrometer, DIGILAB [3].....	15
Obr. 2-2 Vertex 70v, BRUKER [5]	16
Obr. 2-3 Vertex 80, BRUKER [6]	17
Obr. 2-4 Arcoptix, OPTON LASER [8]	18
Obr. 2-5 Cary 630, KAPLAN SCIENTIFIC [10]	19
Obr. 2-6 5500 Series compact FTIR, KAPLAN SCIENTIFIC [11]	20
Obr. 2-7 Nicolet™ iS™ 10 FTIR, THERMO FISHER SCIENTIFIC [13].....	21
Obr. 2-8 IR Tracer 100, SHIMADZU [15]	22
Obr. 2-9 Spectrum 3 MIR/NIR/FIR Spectrometer, PERKINELMER [17]	23
Obr. 2-10 FT/IR-4000 Series of FTIR Spectrometers, JASCO, [19].....	24
Obr. 2-11 Alpha II, BRUKER [20].....	25
Obr. 2-12 Alpha II s přídatnými moduly pro různé metody analýzy, upraveno [25]	28
Obr. 2-13 Vnitřní uspořádání komponent stolního spektrometru.....	29
Obr. 2-14 schéma interferometru, (upraveno) [24]	31
Obr. 2-15 schéma fungování analýzy pomocí FTIR spektrometru (překresleno) [28]	31
Obr. 2-16 schéma principu odrazové IČ spektroskopie, upraveno [29]	32
Obr. 2-17 schéma principu ATR metody, překresleno [29]	32
Obr. 4-1 Inspirační nástěnka.....	37
Obr. 4-2 varianta I - hlavní pohled	38
Obr. 4-3 další pohledy varianty I.....	39
Obr. 4-4 varianta II - hlavní pohled	40
Obr. 4-5 další pohledy varianty II	41
Obr. 4-6 varianta III - hlavní pohled.....	42
Obr. 4-7 další pohledy varianty III	43
Obr. 4-8 tři variantní návrhy	44
Obr. 5-1 tvarování finálního modelu, perspektivní pohled	45
Obr. 5-2 pohled na horní plochu s modulem pro dotykovou obrazovku	46
Obr. 5-3 horní plocha s připojenou dotykovou obrazovkou	47

Obr. 5-4 pohled na spodní část přístroje z perspektivy.....	47
Obr. 5-5 pohled na spodní část přístroje při aktivní činnosti krystalu	48
Obr. 5-6 pohled na úchopovou část přístroje	48
Obr. 5-7 boční strana přístroje s úchopovou částí a plochou připojitelnou k manipulátoru	49
Obr. 5-8 perspektivní pohled na funkční hlavu s oběma metodami a kamerou na výsuvném válci	50
Obr. 5-9 funkční válec s vysunutým ATR modulem (vlevo) a v pozici pro neaktivitu modulu (vpravo)	50
Obr. 5-10 detail ATR modulu s krystalem v hlavním výsuvném funkčním válci	51
Obr. 6-1 horní kryt s vysunutou krytkou otvoru na připojení obrazovky.....	52
Obr. 6-2 vysunutá krytka modulu pro připojení manipulátoru a vyjmutá silikonová část madla	53
Obr. 6-3 rozměrové řešení modelu spektrometru ve třech pohledech, měřítko M 1:5	54
Obr. 6-4 rozměrové řešení manipulátoru, měřítko M 1:20	55
Obr. 6-5 rozměrové řešení dotykové obrazovky, měřítko M 1:5	55
Obr. 6-6 schéma vnitřních mechanismů a komponent	56
Obr. 6-7 pohled shora na funkční válec, popis jednotlivých částí.....	58
Obr. 6-8 manipulátor s připevněným modelem spektrometru	59
Obr. 6-9 detail spoje manipulátoru a spektrometru.....	60
Obr. 6-10 použití manipulátoru při analýze rozměrného vzorku	60
Obr. 6-11 obrazovka připojená na horní ploše	61
Obr. 6-12 přístroj s připojenou obrazovkou v prostředí laboratoře	62
Obr. 6-13 pláty ABS, materiál krytu přístroje [32]	63
Obr. 6-14 pláty duralu, materiál spodní části přístroje [34]	63
Obr. 6-15 model spektrometru v porovnání s lidským tělem	64
Obr. 6-16 spektrometr při analýze rozměrného malířského plátna a model člověka obsluhující zařízení	65
Obr. 6-17 detail ovládání dotykové obrazovky připojené k tělu přístroje	66
Obr. 6-18 pohled na zadní stěnu přístroje s kolébkovým spínačem a otvorem pro sušidla	66
Obr. 6-19 popis ovladačů a otvorů na zadní stěně	67
Obr. 6-20 detail ovladačů a sdělovačů přístroje na čelní zkosené stěně.....	67

Obr. 6-21 barevná stádia stavové kontrolky vlhkosti	68
Obr. 7-1 barev hlavní barevné varianty (RAL 120-3, RAL 150-5)	71
Obr. 7-2 hlavní barevná varianta	72
Obr. 7-3 vzorník barev pro barevnou variantu I (RAL 210-2, RAL 280-1)	72
Obr. 7-4 barevná varianta I, spíše pro použití mimo laboratoř	73
Obr. 7-5 vzorník barev pro barevnou variantu II (RAL 120-2, RAL 210-5)	74
Obr. 7-6 barevná varianta II, vhodná do laboratoře	74
Obr. 7-7 vzorník barev pro barevnou variantu III (RAL 120-3, RAL 770-6)	75
Obr. 7-8 barevná varianta III, univerzální použití.....	75
Obr. 7-9 logo navrhovaného modelu	76
Obr. 7-10 font Consolas ve všech řezech	77
Obr. 7-11 aplikace loga na kryt přístroje	77
Obr. 7-12 grafické rozhraní současné dotykové obrazovky modelu Alpha II (Bruker).....	78
Obr. 7-13 grafické rozhraní dotykové obrazovky modelu REFIR	79
Obr. 8-1 SWOT analýza	82

13 SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšený poster (A4)

Sumarizační poster (A1)

14 ZMENŠENÝ POSTER



REFIR

REFLECTIVE INFRARED SPECTROMETER



FTIR Spektrometr je analyzáční zařízení využívající pro identifikaci vzorku na základě jeho spektra. Využívá infračervený zdroj záření a data jsou převáděna Fourierovou transformací.

Přístroj se používá primárně v laboratořích, ale model navrhovaný v této práci je cílen i pro instituce jako jsou muzea, galerie a ateliéry.

Spektrometr REFIR je unikátní především svým inovativním řešením analyzáční části přístroje, kde jsou umístěny dva moduly pro dvě různé analyzáční metody a navíc integrovaná kamera.

Přístroj lze připojit k manipulatoru a díky modulu v horní části je možné pro ovládání využít dotykovou obrazovku.

ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ

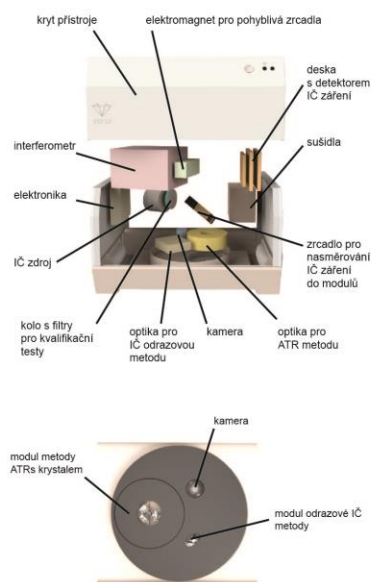
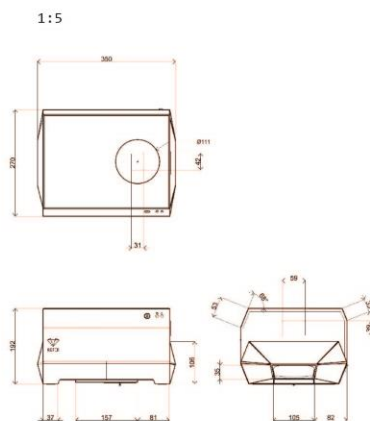
VNITŘNÍ USPOŘÁDÁNÍ



přístroj v porovnání s lidským tělem, ergonomie uchopové části



dotyková obrazovka připojená k přístroji během analýzy vzorku



DESIGN STOLNÍHO SPEKTROMETRU / BAKALÁŘSKÁ PRÁCE / Autor: Simona Górová / Vedoucí práce: Ing. Eva Fridrichová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2020/21

